A

MANUAL OF SCIENCE

VOL. I

★

தெரியற் செய்கை நூல்

(முதல் அடங்கல்)

PUBLISHED BY:

ANNAMALAI UNIVERSITY

ANNAMALAINAGAR

A MANUAL OF SCIENCE

(VOLUME I)

BY

T. P. NAVANITAKRISHNAN, M. A.,
Professor of Physics,
ANNAMALAI UNIVERSITY

தெரியற் செய்கை நூல்

(முதல் அடங்கன்)

உ

அண்ணாமலைப் பல்கலைக்கழக பௌதிக ஆசிரியன்

த. பு. நவநீதகிருஷ்ணன்

இயற்றியது

WITH COURAGE AND FAITH

Published by :

ANNAMALAI UNIVERSITY

ANNAMALAINAGAR

அண்ணாமலைப் பல்கலைக் கழகத்தால்

வெளியிடப்பட்டது

முன்னுரை

தெரியற் செய்கை நூல் என இப்புத்தகத்திற்கு யான் எப்பொருட்டு பெயரிடத் துணிந்தேன் என்பதைக் கூற விரும்புகிறேன். ஆங்கிலத்தில் 'ஸயன்ஸ்' (Science) என்ற தெரிவுத் துறையில் அடங்கும் அறிவுத் தொகையானது முற்றும் புலன்கள் வழியேயும் புலன் விரிந்த கருவிகளின் வாயிலாயும் பெறப்பட்டதாம். அத்தகையதை 'விஞ்ஞானம்' என நம் நாட்டு மொழியில் குறிப்பது பொருத்தமல்ல என்பது என் துணிபு. ஏனெனின், யான் அறிந்த வரை 'விஞ்ஞானம்' என்ற சொல் நம் நாட்டுச் சமய நூல்களில் காணப் பெறுவது. அஃது புலன்வழி பெறும் அறிவை பொய்யெனக் கொண்டு அதை விலக்கிவிட்டுப் புலன் கடந்தவாறு காணப்பெறும் அறிவை மெய்ஞ்ஞானம் என உணர்த்துவதாம். ஆகவே 'ஸயன்ஸ்', 'விஞ்ஞானம்' எனக் கூறப்படல் முரணும் என யான் கருதுகிறேன். 'ஸயன்ஸ்' என்றதைத் 'தெரியற் செய்கை' எனப் பெயரிட்டுள்ளேன். இப்பெயரே மிகப் பொருத்தமானது என்று வற்புறுத்த யான் துணியேன். அதைவிட ஏற்ற சொல் இருப்பின் அதை ஒப்புக்கொள்ளலாம். அதுகாறும் 'தெரியற் செய்கை' என்ற சொல்லைத் தக்கதென மதித்து ஏற்றுக்கொள்ளும்படி தமிழ் அறிஞரை யான் வேண்டுகிறேன்.

இந்நூலில் சொல்லப்பட்ட செய்திகள், 1932-ம் ஆண்டுக்கு முன்னுள்ள ஸயன்ஸின்படி அறியப்பட்டவை. அதன் பிறகு தெரியற் செய்கைத் துறையில் ஏற்பட்ட பெறும் முன்னேற்றங்களைப்பற்றி இதன்கண் கூறப்பட்டிலது.

கலைச்சொற்களைப்பற்றிச் சில வார்த்தைகள் கூற விரும்புகிறேன். வழக்கிலுள்ள ஏற்ற கலைச் சொற்கள் அரிதாகவே இருப்பன. எனவே அவ்வப்போது பொருளைக் காட்டும் வண்ணம் வாய்ந்தவையே யான் கையாண்டுள்ள கலைச் சொற்கள். அவை நயமாயில்லாவிடினும் பொருளை உணர்த்துகின்றவை. தக்க கலைச் சொற்கள் வெளியிடப்பட்டு அவை வழக்கிலும் வரும் வரை, ஆங்கிலச் சொற்களையே பயனுக்கிக்கொள்ளலாம் என்று எண்ணி, கலைச் சொல் ஒன்றை முதலில் தந்துவிட்டுப் பிறகு ஆங்கிலச் சொற்களையே உபயோகித்துள்ளேன்.

பிழைகள் மலிந்துள்ளது இத் தெரியற் செய்கை நூல் என்பதை யான் நன்கு அறிந்தவனே. தவறுகள் பல இருப்பினும் பயனுறு பண்புகள் சில வேனும் இருக்கலாம்; என்று கருதியே இதனை வெளியிடத் துணிந்துள்ளேன். தமிழ் நண்பர் அனைவரும் இப்பொருட்டேனும் இந்நூலைப் படித்து அதன் நலனைக் கருதின சீர்திருத்த உரைகளைத் தந்து உதவும்படி வேண்டுகிறேன்.

வழக்கிலில்லாப் புது முறையில் அமைந்த இந்நூலை ஏற்று வெளியிட்டு எனக்கு ஊக்கம் அளிக்க முன்வந்த அண்ணாமலைப் பல்கலைக் கழகத்தார்க்கு என் மனமார்ந்த நன்றி உரித்தாகுக.

நவநீதகிருஷ்ணன்,
ஆசிரியன்.

பொருளடக்கம்

முதல் அடங்கள் (Volume I)

முதற் பாகம்: உயிர்

அத்தியாயம்		விஷயம்	பக்கம்
முதலாம் அத்தியாயம்:		இயற்கை அமைப்பைக் காணல் ...	1
இரண்டாம்	,,	உடலினமைப்பும் ஆகமருவெனும் உயிரணுவும் ...	14
மூன்றாம்	,,	எலும்பு, தசைப்பொருந்தலும், இயந்திரவியலும் ...	23
நான்காம்	,,	இரத்தவோட்டமும், காற்றாட்டமும், அமுக்கத்தன்மையும் ...	59
ஐந்தாம்	,,	உணவுச் செரிமானமும், கசடு கழித்தலும், கண்ணோட்ட ரசாயனமும்	106
ஆறாம்	,,	நரம்பு மண்டலமும், வியாபக மின்சாரமும்...	184

இரண்டாம் பாகம்; புலன்

எழாம்	,,	மெய், வாய், மூக்கும், பொருள்களின் பண்புகளும் ...	250
எட்டாம்	,,	செவியின் திட்பமும், ஒலிச் செல்வமும் ...	385
ஒன்பதாம்	,,	கண்ணின் நயநீர்மையும், ஒளிநுட்பத் துலக்கமும் ...	449

முதற் பாகம்

—

உயிர்

"தெரியற் செய்கையின் வாய்மையும் நேர்மையுமான குறிக்கோள் மானவ வுயிரினுக்கு புனரணித் திறன்களை யளித்து, கற்பனைத் திறனால் காண்ட புதுமைப் பொருள்களை யீந்ததனைக் கெழுமை யாக்கல் என்பதேயாம்."

—பிரான்ஸிஸ் பேகன்.

"The true and lawful goal of Science is that human life be endowed with new powers and inventions."

—*Francis Bacon.*

முதலாம் அத்தியாயம்

இயற்கை அமைப்பைக் காணல்.

இன்று பங்குனித் திங்கள் இருபத்தெட்டாம் நாள். மூன்று நாட்களில் பங்குனி கடந்துவிடும். புத்தாண்டு பிறக்கும். கோடை முற்றி வருகின்றது. வெப்பத்தைப் பொறுக்க முடியவில்லை. ஒரே புழுக்கமாயுள்ளது. காற்றே வீசக் காணேம். ஒரு இலைகூட அசையவில்லை. வியர்வை கொட்டுகின்றது. நாம் என்ன செய்கிறோம்? விசிறியை எடுத்து விசிறிக் கொள்கிறோம். விசிறியை ஆட்டினல் காற்று வீசும், என நமக்கு எப்படித் தெரிந்தது? காற்று வீசினல் வியர்வை அடங்கும் என எப்படி அறிந்தோம்? காற்றடிக்கும்போது இலைகள் முதலானவை அசைவதைக் காண்கிறோம். காற்று வீசாவிட்டால் இலை அசையாதுள்ளதையும் கவனிக்கிறோம். காற்றின் அசைவே இலையின் அசைவைப் பயத்தற்கான காரணம் என நமது அறிவுக்கு எட்டுகின்றது. காற்று வீசி இலை அசைந்தால், இலையின் ஆட்டத்தால் காற்று வீசப்படலாம், என அனுமானிக்கிறோம். ஒரு இலையை எடுத்து ஆட்டிப் பார்க்கிறோம். காற்று சற்று வீசுகின்றது. பெரிய இலை ஒன்றை அசைத்தால், சற்று அதிகவளவான காற்று வீசுகின்றது. அசைக்கப்படும் வஸ்துவின் பரப்பு அதிகமாயின், காற்று அதிகவளவாய் வீசப்படுகின்றது எனத் தெரிந்துகொள்கிறோம். வஸ்துவை வேகமாய் அசைத்தால் காற்று பலமாய் வீசப்படுகின்றது என உணர்கிறோம். பண்டைக்காலத்து மனிதன் ஒருவனின் அறிவு மேற் கூறப்பட்டவாறு வேலைசெய்து, அவன் 'விசிறி' என்ற சாதனத்தைக் கண்டுபிடித்தான். நாமும் அக்கருவியை உபயோகித்து வருகிறோம். மிகப் பரப்பான வஸ்து வேகமாய் அசைக்கப்பட்டால், அதிகவளவான காற்று வீசப்படும், என அறியப்பட்டது. ஆயினும், கையால் தூக்கி வீசப்படும் விசிறியொன்று மிகப் பெரியதாயிருப்பின், அதை எடுத்து விசிறிக்கொள்ளல் இயலாது; ஓரளவு வேகத்தைவிட அதி வேகத்துடனும் விசிறினல் கை அயர்கின்றது. அதிகப் பரப்பான விசிறியொன்றை அதிக வேகமாய் அசைத்துக்கொண்டிருப்பதற்கான வழி கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. பங்காக்கள் அமைக்கப்பட்டன. காலக்கிரமத்தில் மின்சாரம் கண்டு பிடிக்கப்பட்ட பிறகு மின்சார விசிறிகள் செய்யப்பட்டன.

வியர்வை அடங்க விசிறிக்கொள்ள அறிதல் தெரியற் செய்கையாம். (ஸயன்ஸ்)

தெரியற் செய்யும் வழியே காணலும் அறிதலும்.

மேற் கூறப்பட்டவாறு, இயற்கை நிகழ்ச்சி ஒன்றைக் கவனித்து, அதைப் பற்றிச் சிந்தனை செய்து, அந்நிகழ்ச்சிக்கான காரணத்தை அறிந்து, தானறிந்த காரணம் சரியானதுதான், எனச் சோதனை செய்து நிரூபித்து, முடிவுகட்டுதல், என்ற முறை, தெரியற் செய்கை முறை (ஸயண்டிபிக் மெதடு—Scientific Method) எனப்படும். இயற்கை நிகழ்ச்சி ஒன்றைப் பலவித நோக்கங்களுடன் காணலாம். வானம்பாடி ஒன்று பாடிக்கொண்டு ஆகாயத்தில் பறந்து செல்கின்றது எனக் கொள்வோம். வானம்பாடி ஆகாயத்தில் பறந்து சென்றால் நமக்கென்ன, என, அதைக் கவனிக்காமலே இருக்கலாம். அதன் பாட்டைக் கேட்டு இன்புறலாம். அற்புதமான அப்பறவையைப் படைத்த கடவுளை எண்ணித் துதிக்கலாம். அது பறக்கும் அழகை வர்ணித்துக் கவி பாடலாம்; சித்திரம் எழுத எண்ணி அப்பறவையைக் கவனிக்கலாம். அப்பறவை ஆகாயத்தில் எழும்பிச் செல்வதற்கான காரணம் என்ன என ஆராயும் எண்ணம் தோன்றலாம். அப்பறவை வானில் பறக்கும்போது, அதன் உடலுறுப்புக்கள் எவ்வகையில் அமைகின்றன என உற்றுக் காணலாம். இன்னும் பலவாறான நோக்கங்களை யொட்டியும் அதைக் காணலாம். அவற்றில் அப்பறவை வானில் உயர்ந்து செல்வதற்கான காரணத்தைக் கண்டு பிடிக்கும் நோக்கத்துடன் காணலும், அதன் உடலுறுப்புக்களின் அமைப்பை அறியும் நோக்கத்துடன் கவனித்தலும், 'தெரியற் செய்யும் வழியே காணல்' எனப்படும்.

தெரியற் செய்கை விதி யமைத்தல்.

தெரியற் செய்கையோன் (ஸயண்டிஸ்டு—Scientist) ஒருவன் தன் கருத்தை ஊன்றிப் பல பொருள்களைக் காண்கிறான். பிறகு அவற்றைத் திட்டமாய்ப் பரிசீலனை செய்கின்றான். அவ்வாறு அவற்றைப்பற்றிப் பல விஷயங்களை அறிந்துகொள்கிறான்; தானறிந்த விஷயங்களைத் தக்கவாறு வகையிடு செய்து, அவற்றிடையுள்ள தொடர்புக்களை ஆராய்கின்றான். தொடர்புக்கள் திட்டமாய் அறியப்பட்ட விஷயங்களுக்குப் பொதுவான காரணங்களைக் கண்டுபிடிக்கிறான்; அக்காரணங்களிடையுள்ள தொடர்புக்களைப்பற்றிச் சிந்தனை செய்கிறான்; அத்தொடர்புக்கள் எம்முறையை யொட்டி இணைகின்றன, எனத் தீர்மானிக்கின்றான்; அத்தீர்மான முடிவைத் தன் 'கருதுகோள்' (ஹைபாதிஸிஸ்—Hypothesis) என்று வெளியிடுகிறான். அக் 'கருதுகோளை' (ஹைபாதிஸிஸை) யொட்டிய விஷயங்கள் பல மேலும் ஆராயப்படுகின்றன. அக்கருதுகோளை யொட்டி, வேறு சில நிகழ்ச்சிகள் எவ்வகையில் நடைபெற வேண்டும் எனத் தீர்மானிக்கப்படும். அவ்வகையில் அந்நிகழ்ச்சிகள் நடந்தேறுகின்றனவா என்பதை அறியச் சோதனைகள் செய்யப்படும். சோதனைகளினின்று காணப்படும் விஷயங்கள், கருதுகோளை யொட்டி தீர்மானிக்கப்பட்டவற்றுடன் முரண்படாதிருந்தால், அக் 'கருதுகோள்' தெரியற் செய்கைவிதி (ஸயண்டிபிக் லா—Scientific Law) என ஏற்றுக்கொள்ளப்படும்.

தெரியற் செய்கை விதி ஒன்று நிலை நாட்டப்பட்ட பிறகு, அவ்விதியை அடிப்படையாய்க்கொண்டு, அதை யொட்டிய தெரியற் செய்கைச் சாதனங்கள் இயற்றப்பட்டு, மக்களால் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. 'ஒரு வஸ்து வேகமாய் அசைவதால், காற்று வீசப்படும்' என்ற தெரியற் செய்கை விதியை யொட்டி 'விசிறிகள்' என்ற சாதனங்கள் செய்யப்பட்டு உபயோகிக்கப்படுகின்றன. பண்டைக் காலத்தில், இயற்கை நிகழ்ச்சிகள் கவனிக்கப்பட்டு, முறையே தெரியற் செய்கை விதியென ஒன்று நிறுவப்பட்டு, அதன் பிறகே அவ்விதியையொட்டிய சாதனங்கள் அமைக்கப்பட்டு வரவில்லை. அறிவால் கவனிக்கப்பட்ட விஷயங்கள் உடனுக்குடன் செயலாற்றப் பயன்பட்டன. அறிவால் அறியப்பட்ட விஷயங்கள் மிகப் பலவாகி, அவை உடனுக்குடன் செயலாற்றப் பயன்படாவாறு 'அறிவியல் விஷயங்கள்' என்ற நிலைமையிலேயே இருக்க நேர்ந்தபோது, மேற் கூறப்பட்டவாறான தெரியற் செயற்கை விதியியல் நிறுவப்படும் முறை ஏற்பட்டது. பண்டைக்காலத்தில், தொழில் செய்வதை யொட்டிய அறிவு, அறிவெனக் கருதப்படவில்லை. இயற்கை நிகழ்ச்சிகளைக் கவனித்து, அவற்றை யொட்டிச் செயற்கையானவாறு அந்நிகழ்ச்சிகளில் சில நடந்தேறுமாறு செய்து வந்தவர், அந்நிகழ்ச்சிகளுக்கான காரணங்கள் எவையென்பதைத் தெளிவாக்கும் விதியியல் முறையை ஏற்படுத்தவில்லை. அறிவை மட்டும் கொண்டு தர்க்க ரீதியை யொட்டிக் காரணங்களை விளக்கி வந்தனர் வேறு சிலர். தர்க்க ரீதியை யொட்டிக் கிரகிக்கப்பட்ட முடிவுகள் செயற் சோதனைகளின் விளைவுகளுடன் ஒத்திருக்கவேண்டும், என்பதைப்பற்றி அவர்கள் கவலைப்படவில்லை. பதினைந்தாம் நூற்றாண்டில், ஐரோப்பாவில் அறிவு மறுமலர்ச்சி (ரேனஸன்ஸ் —Renascence) உண்டான காலத்தில், தொழிற்சாலைகள்பாற்பட்ட அறிவை, அறிவியல் சிந்தனை முறைகளுடன் தொடற்புறச் செய்து, அவற்றை விருத்தி செய்யும் இற்றை தெரியற்செய்கை முறை ஏற்பட்டது. அதை யொட்டி, அறிவால் காணப்படும் விதிமுறை முடிவுகள், செயல்பாற்பட்ட சோதனைகளால் நிரூபிக்கப்பட வேண்டும் என்ற நிரல் நிறுவப்பட்டது.

தெரியற் செய்கை இயலும் தொழிற் கலைகளும்.

ஆகவே, பண்டைக்காலத்தினின்று வளர்ந்துவந்த தொழிலறிவையும், அக்காலத்தினின்றே எழுந்துவந்த அறிவியல் தர்க்க சிந்தனை முறையையும் ஒருங்கே கொண்ட இக்காலத்துச் சாத்திரம், 'தெரியற்செய்கை' (ஸயன்ஸ்—Science) எனப்படுவது. அது பண்டைக்காலத்து அறிஞரின் முறைப்படுத்தும் தோரணையைக் கொண்டதாயினும், அதன்பாற்பட்ட விஷயங்கள் எல்லாம் தொழிற் சம்பந்தமானவையும், புலனறிவை யொட்டியவையுமேயாம். அதனாலேயே, இற்றைத் தெரியற்செய்கை பண்டைக்காலத்து அறிவியல், விஷயங்களைவிட அக்காலத்துத் தொழிற்கலை விஷயங்களுடனேயே அதிக தொடர்பு கொண்டுள்ளது, எனலாம். பயிர்த்தொழில், கட்டிடத தச்சு வேலை, கருமாரக் கன்னாரத் தொழில், கால்நடை— கோழிகள் வளர்த்தல், வேட்டுவத் தொழில், செம்படவத் தொழில், சாயமேற்றுந் தொழில்,

சாராயங் காய்ச்சுந் தொழில், வைத்தியம், மாலுமித் தொழில், சுரங்கத் தொழில்—இன்னோரன்ன பல தொழில்களை யொட்டிச் சேகரிக்கப்பட்ட அனுபவ அறிவை மூலமாய்க் கொண்டே இற்றைத் தெரியற்செய்கை எழுந்துள்ளது. அவ்வறிவை முறைப்படுத்தும் முகத்தான் இற்றை விதியியல் தெரியற்செய்கை சிறந்துள்ளது. விதியியல் தெரியற்செய்கை சிறந்ததை யொட்டி தொழிற்கலைகளும் முன்னேற்றமடைந்துள்ளன; புதுத் தொழிற்கலைகள் பல தோன்றியுள்ளன. மின்சாரத் தொழின் முறையை விதியியல் தெரியற் செய்கையே தோற்றுவித்தது, எனலாம். புது ரஸாயனத் தொழில் முறைகள் பல விதியியல் தெரியற்செய்கையின் முன்னேற்றத்தை யொட்டியே ஏற்பட்டவை. ரஸாயன நூல் பயிர் நூல் என்ற தெரியற் செய்கைப் பகுதிகளின்பாற்பட்ட விதியியல் அறிவைப் பயன்படுத்திக்கொண்டு, பயிர்த்தொழில் சிறந்துள்ளது. இன்னும் பல தொழின் முறைகளும் விதியியல் தெரியற்செய்கையின் தொடர்பால் விருத்தி அடைந்துள்ளன. தெரியற்செய்கையும் தொழிற்கலைகளும், ஒன்றையொன்று பெருக்கிய வழியே, வளர்ந்து வந்துள்ளன. விதியியல் தெரியற்செய்கையின் துணையால் தொழிற்கலைகள் ஓங்காதிருந்தால், தெரியற்செய்கையை எவரும் மதியார். தொழிற்கலைகள் விதியியல் தெரியற்செய்கையின் தொடர்பற்றிருந்தால், அவை சிறப்புற்றிருக்க மாட்டா. அவ்வாறிருந்தும், வாழ்க்கையில் பலன் தராதவாறாக அறியப்படும் விதியியலான தெரியற்செய்கை ஆராய்ச்சியே சிறந்தது என்ற கருத்தை நமது நாட்டு தெரியற்செய்கையோர் சிலர் வெளியிட்டுள்ளனர். தெரியற்செய்கையோர்கள் இயற்கை நிகழ்ச்சிகளைப் பற்றிப் பல ஆராய்ச்சிகள் செய்யவேண்டும். அவர்கள் ஆராய்ந்து கண்டுபிடித்த விஷயங்களை யொட்டிய விதியியலுடன் தொடர்பான வினை செய்வகைகள் (டெக்னிக்குகள்) உடனே கண்டுபிடிக்கப்படாமலிருக்கலாம். ஆயினும் வருங்காலத்தில் அவை அறியப்படலாம். ஆராய்ச்சியிலீடுபட்ட தெரியற்செய்கையோனுக்குப் புது விஷயங்களைக் கண்டுபிடித்தலாலேயே திருப்தி உண்டாகலாம். அவ்விஷயங்களைக் கற்றறிவதால் மட்டும் இன்னும் சிலர் திருப்தி அடையலாம். எல்லா மக்களையும் பொறுத்தவரை, அவ்விதியியலை யொட்டிய செயல்முறை விளைவுகளே முக்கியமானவை. விதியியலான புது விஷயங்கள் கண்டுபிடிக்கப்படுதற்குமுன், அவற்றை யொட்டிய செயல்முறை விளைவுகள் பயனளிக்கக் கூடியவையா, அன்றா, எனக் கூறல் இயலாது.

ஆராய்ச்சியாளரின் திருப்தி விதியியலைக் காண்டலே; எல்லோருக்கும் பயன்படுபவை செயல்முறை விளைவுகளே.

ஆகவே, பிற்காலத்தில் பலன் விளையுமா, விளையாதா, என்பதைக் கருதாது தெரியற்செய்கையோர் தம் ஆராய்ச்சிகளைச் செய்கின்றனர். அவர்களால் கண்டுபிடிக்கப்படும் விஷயங்களில் சில மட்டுமே பயனுறுவண்ணமாயும் சில பலன் தராதவாறும், அமையினும் பாதகமில்லை எனக் கூறலாமேயன்றி, பலனீயாதவாறான விஷயங்களைக் கண்டுபிடித்தலே மேன்மையானது எனப் பெருமை பாராட்டிக்கொள்ளல், சரியன்று. முற்காலத்தில், நம் நாட்டுப்

பேரறிஞர் பலர் அவ்வாறு எண்ணி, செயலையும் தொழிலாற்றலையும் கேவலப் படுத்திக் கைவிட்டதினாலேயே, தொழிற்கலைகள் இன்றும் முன்னேற்றமடையா துள்ளன. தொழிலாளிகளும், முதலாளிகளும் 'கறிக்குதவாத ஏட்டுச் சுரைக் காய்' எனச் சிந்தனை அறிவை இகழ்ந்தனர். அறிவுக்கு மதிப்பும் தொழிலுக்குச் சிறப்பும் ஏற்பட வேண்டுமாயின், தெரியற்செய்கையோர் எனத் தம்மைக் கூறிக்கொள்கின்றவர், தொழிற்கலைகள்பாற்பட்ட அறிவை வளர்க்கும் நோக்கத்துடனேயே, இக்காலத்து விதியியல் தெரியற்செய்கை எழுந்தது என்பதையும், அந்நாட்டத்துடனேயே வளர்ந்து வந்துள்ளது என்பதையும் மனத்திலிருத்தல் நன்று.

தெரியற்செய்கைப் பார்வையுடன் நாமுள்ள இடத்தையும் அதன் சுற்றுப் பாங்குகளையும் முதலில் கவனிப்போம். நாம் தென்னார்க்காடு ஜில்லா வாசிகள்.

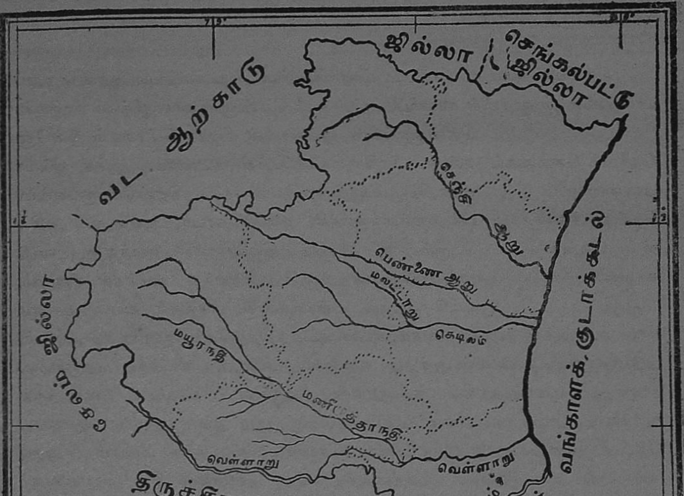
தேரியற் செய்கைப் பார்வையுடன் தென்னார்க்காடு ஜில்லாவைக் காணல்.

தென்னார்க்காடு ஜில்லாவின் நிலவளம்-நீர்வளம் இன்னோரன்ன பிரகிருதிகளைப்பற்றி கூறலாம். இந்த ஜில்லாவின் பெரும்பகுதி சமவெளி நாடு. தென்மேற்கு எல்லையில் கள்ளக்குரிச்சி மலைத்தொடர் உள்ளது. அதில் பெரும்பகுதி சேலம் ஜில்லாவைச் சார்ந்தது. நமது ஜில்லாவிலுள்ள பகுதி பதினைந்து மைல்கள் நீளமும், எட்டு முதல் பன்னிரண்டு மைல்கள் வரை அகலமுமானது. அதன் சராசரி உயரம், கடல் மட்டத்திற்குமேல், மூவாயிரம் அடிகள். அதன் தென் எல்லையில் ஆத்தூர் கணவாய் உள்ளது. வடக்கே செஞ்சிமலை உள்ளது. மையப்பாங்கில் கூடலூரின் அருகில் 'கேப்பர்' குன்றுகள் உள்ளன. அவை கடல் மட்டத்திற்குமேல் நூறு அடி உயரமே ஆனவை. கேப்பர் குன்றுகள் கப்பிக்கற்களைக் கொண்டவை. மற்ற மலைகள் பாறைக் கற்களால் அமைந்தவை. இவற்றைத் தவிர, ஆங்காங்கு சிறு பாறைகளும் உள்ளன.

நமது ஜில்லாவின் ஆறுகள் எல்லாம் மேற்கேயிருந்து கிழக்கே பாய்ந்து வங்காளக் குடாக்கடலில் சங்கமம் ஆகின்றன. அவற்றில் முக்கியமானவை, செஞ்சியாறு – பெண்ணையாறு – கெடிலம் –உப்பனாறு–வெள்ளாறு–கொள்ளிடம் என்பவை. செஞ்சியாறு திண்டிவனம் தாலூகாவின் வடமேற்கு மூலையில் உற்பத்தியாகி, செஞ்சியின் பக்கமாய் ஓடுகின்றது; பிறகு தெற்கே திரும்புகின்றது. அதன் இடதில் தொண்டியாறு உபநதியாய்ச் சேர்கின்றது. வலதில் கள்ளாறும் பம்பையாறும் சேர்கின்றன. செஞ்சியாறு இரு கிளைகளாய்ப் பிரிந்து, புதுச்சேரியின் அருகில் கடலில் சங்கமமாகின்றது. பெண்ணையாறு மைசூரிலுள்ள சென்னகேசவக் குன்றில் உற்பத்தியாகின்றது. அங்கிருந்து சேலம் ஜில்லாவின் வழியே பாய்ந்து, செங்கம் கணவாயின் வழியே வந்து, கள்ளக்குரிச்சித்தாலுகாவின் வடஎல்லையின் அருகில் நமது ஜில்லாவில் புகுகின்றது.

திருக்கோவலூர் — கூடலூர் தாலுக்காக்களின் வழியே கிழக்கு நோக்கிப் பாய்ந்து, கூடலூருக்கு வடக்கே நான்கு மைல் தூரத்தில், வங்காளக்குடாக் கடலில் சங்கமமாகின்றது. கெடிலநதி, கள்ளக்குரிச்சி தாலூக்காவில் உற்பத்தியாகி கிழக்கு முகமாய்க் கூடலூர் தாலூக்கா வழியே பாய்ந்து, கூடலூரில் கடலுடன் சங்கமமாகின்றது. உப்பனாறு விருத்தாசலம் தாலூக்காவில் உற்பத்தியாகி, சிதம்பரம் தாலூச்காவுக்கும் கூடலூர் தாலூக்காவுக்கும் இடையில்

தென் ஆற்காடு ஜில்லா, ஆறுகள்

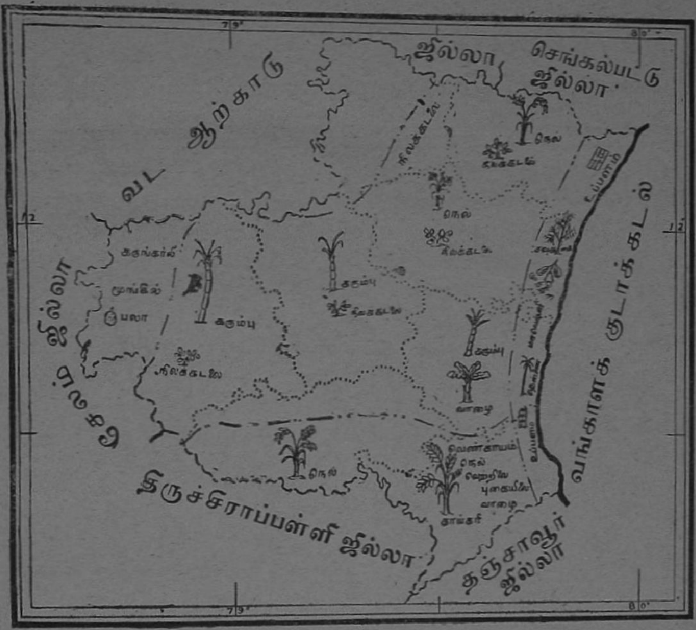


படம் 1

பாய்ந்து, கெடிலம் ஆற்றுச் சங்கம இடத்திற்குச் சற்று தெற்கே, கடலுடன் சங்கமமாகின்றது. வெள்ளாறு, சேலம் ஜில்லாவிலிருந்து வரும் வசிஷ்ட நதி —ஸ்வேத நதி என்ற ஈராறுகள் ஒன்றுகூடிப் பாயும் நதி. வசிஷ்ட நதி, ஆத்தூர் கணவாயின் வழியே பாய்கின்றது. ஸ்வேத நதியுடன் சேர்ந்த பிறகு வடகிழக்காய் விருத்தாசலம்—சிதம்பரம் தாலூக்காக்களின் வழியே பாய்ந்து பரங்கிப்பேட்டைக்குத் தெற்கே சங்கமமாகின்றது. ஸ்ரீமுஷ்ணத்திற்கு நான்கு மைல் கிழக்கே, மணிமுக்தா நதி, வெள்ளாற்றுடன் சேர்கின்றது. கோமுக்தா நதியும் மாயூர நதியும் வெள்ளாற்றின் மற்ற உபநதிகள். கொள்ளிடம், காவிரியாற்றின் கிளைநதி. அது, நமது ஜில்லாவின் தென் எல்லையில் பாய்கின்றது.

மேற் கூறப்பட்ட ஆறுகள், தெரியற்செய்கை வழியே எதுவரை பயன் படுத்தப்பட்டுள்ளன என்பதைக் கவனிக்கலாம். செஞ்சியாற்றில், ஆங்காங்கு மழைபெய்து தேங்கும் நீரே ஓடுகின்றது. அதில் படகுகள் முதலியவை ஓடல் இயலாது. அதன் பாய்ச்சலைக்கொண்டு சாகுபடி செய்யப்படும் நிலங்கள் சொற்பமே. பெண்ணையாறும் ஓடப் போக்கு வரத்துக்கு ஏற்றதன்று. அதன் பாய்ச்சலால் சாகுபடி செய்யப்படும் நிலங்களின் விஸ்தீரணம், 25,000 ஏகராக்கள். கெடிலத்திலும் ஓடங்கள் செல்லல் இயலாது. அதன் பாய்ச்சலால்

தென் ஆற்காடு ஜில்லா விளைபொருள்கள்



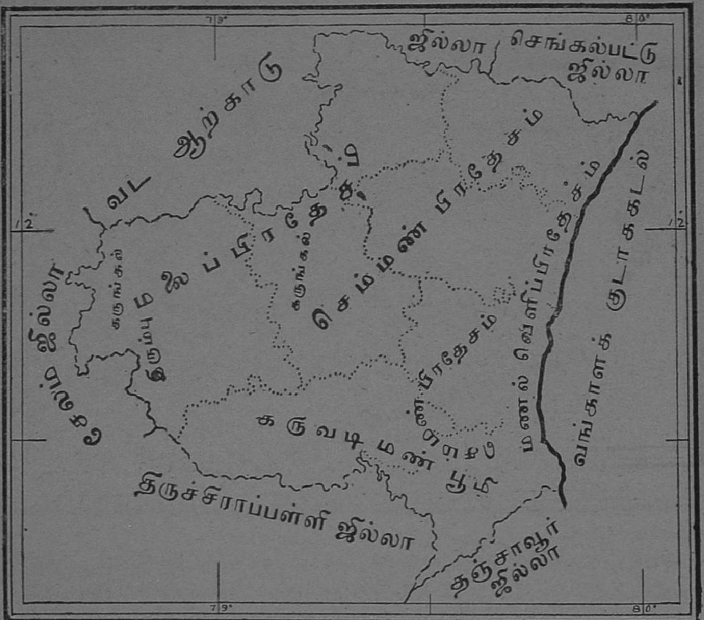
படம் 2

15,000 ஏகராக்கள் நிலம் சாகுபடி செய்யப்படுகின்றது. வெள்ளாற்றின் பகுதிகள் சில, ஓடப் போக்குவரத்துக்கு ஏற்றவை. அவ்வாற்றின் பாய்ச்சலால் விளையும் நிலங்கள், 55,000 ஏகராக்கள் விஸ்தீரணமானவை. உப்பனாறு வெள்ளாற்றின் வடிகால். கொள்ளிடத்து நீர் வீராணத்து ஏரியில் தேக்கப் பட்டவாறும், ராஜன் வாய்க்கால் வழியேயும் பாசனமாகின்றது. அவ்வழியே ஒரு லக்ஷம் ஏகரா நிலம் சாகுபடி செய்யப்படுகின்றது. ராஜன் வாய்க்காலின் வடிகாலான கான்ஸாஹிப் வாய்க்கால், சிறு பரிசில்களின் போக்கு வரத்துக்கு ஏற்றது.

அணைக்கட்டுகளால் தேக்கப்பட்டு, ஆற்று நீர் பாசனமாகின்றது. நமது ஜில்லாவில் பெரிதும் சிறிதுமான அணைக்கட்டுகள், சுமாராக, நூறு உண்டு. அவற்றில் முக்கியமானவை, திருக்கோவலூர்—திருவாதி—பாலூர்—வானமாதேவி—திருவேந்திபுரம் — மேல்மாத்தூர் — விருத்தாசலம்—பெலாந்துறை—சேத்தியாத் தோப்பு—என்ற இடங்களிலுள்ளவை. தென்னார்க்காடு—தஞ்சாவூர்—திருச்சினாப்பள்ளி—என்ற மூன்று ஜில்லாக்களுக்கும் பொதுவாகவுள்ளது, கீழ் அணைக்கட்டு.

ஆற்றுநீர்ப் பாய்ச்சலால் சாகுபடி செய்யப்படும் நிலங்களைத் தவிர, குளங்களினின்றும், கிணறுகளினின்றும், ஊற்றுக்களினின்றும் இறைக்கப்படும் நீரைக்கொண்டு சாகுபடி செய்யப்படும் நிலங்களும் உள்ளன. விழுப்புரம் தாலூக்காவில் பெரும் நீரூற்றுகள் பல உள்ளன.

தென் ஆற்காடு ஜில்லா, நிலத்தின் தன்மை, தாதுப்பொருள்கள்

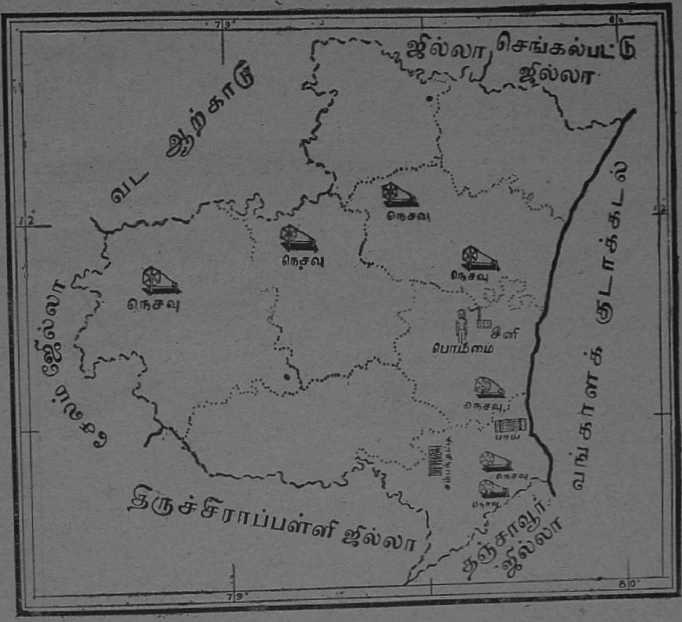


படம் 3

முக்கியமாய்ச் சாகுபடி செய்யப்படும் பயிர், நெல். சோளம், கம்பு, கேழ்வரகு, வரகு, கொள்ளு-இன்னோரன்ன தானியங்களும் விளைவிக்கப்படுகின்றன.

கரும்பு, புகையிலை முதலானவையும் சில பாகங்களில் விசேஷமாய்ப் பயிரிடப்படுகின்றன. மணலாக்கொட்டையும், மாவள்ளிக்கிழங்கும் சில இடங்களில் முக்கியமாயுள்ளன. சவுக்கு மரங்கள் அதிகமாய் வளர்க்கப்படும் இடங்களும் உண்டு. நமது ஜில்லாவின் நிலப்பரப்பில் 57 சத வீதம் பயிரிடப்பட்டு வருகின்றது. 32 சத வீதமான நிலம் காடுகள் அடர்ந்ததும், மலைப்பாங்கானதுமாம்; 7 சத வீதம், தாற்காலிகமாக தரிசாய் விடப்பட்டவை. 4 சத வீத

தென் ஆற்காடு ஜில்லா, கைத்தொழில்



படம் 4

நிலமே பயிரிடப்படாதுள்ள பகுதி. இந்த ஜில்லாவில் நீர்ப்பாசன வசதிகளமைந்த நிலங்களில் எல்லாம், நெற்பயிர் சாகுபடி செய்யப்படும் முறை ஒரே வாறுயுள்ளது. வாய்க்காலில் நீர் வந்தவுடன், நிலம் உழப்படுகின்றது. உழும் கலப்பை மரத்தால் செய்யப்பட்டது; மாடு கட்டி இழுக்கப்படுவது. பிறகு, நிலம் எருவடிக்கப்படுகின்றது. இலைகள், செத்தைகள், முதலியவையே எருக்களாய்ப் போடப்படுகின்றன. அந்நிலங்களின் முக்கிய எரு, ஆற்றுநீர் வண்டலே. எருவடிக்கப்பட்ட பிறகு, பரம்பு இழுக்கப்படுகின்றது. அவ்வாறான சதுப்பில்

நாற்று விடப்பட்டு முளைத்த பயிர்கள் நடப்படுகின்றன. பயிர்கள் வளர்ந்த பின், களை பிடுங்கப்படுகின்றது. பயிர்கள் முற்றியபின், அவை அறுவடை செய்யப்பட்டு, களத்தில் அடிக்கப்படுகின்றன. உழுவதையும், களத்தில் அடித்த பயிர்ப்பகுதிகள் மிதிக்கப்பட வைப்பதையும் தவிர, மற்ற வேலைகள் எல்லாம் மக்கள் உழைப்பினாலேயே செய்யப்படுகின்றன. மணலாக்கொட்டைப் பயிர் செம் மணற்பாங்குகளில் விளைவிக்கப்படுகின்றது. அந்நிலங்கள் நன்றாய் எருவடிக்கப்படுகின்றன. மரவள்ளிக்கிழங்கு பயிரிடப்படும் நிலங்களும் நன்றாய் எருவடிக்கப்படுகின்றன. கரும்பு பயிர் செய்யப்படும் நிலங்கள் எட்டு தடவைகள் நன்கு உழப்படுகின்றன. சில இடங்களில் அவை மண்வெட்டியால் கொத்தப்படுகின்றன.

நமது ஜில்லாவின் நிலவியல், பொதுவாக மூவகைப்படும். ஒருவகை கருஞ்சேற்றியலானது. 30 சத வீதமான நிலங்கள் அவ்வாறுள்ளன. அவ்வகை நிலம் மிக வளமானது. இரண்டாம் வகை செம்மண்ணியலினது. அது முதல் வகையைப்போல் அவ்வளவு வளமானதன்று. நிலங்களில் 67 சத வீதம் அவ்வகையினவை. மற்ற 3 சத வீதம் வெண் மணற்பாங்கான நிலம். அது வளமானதன்று.

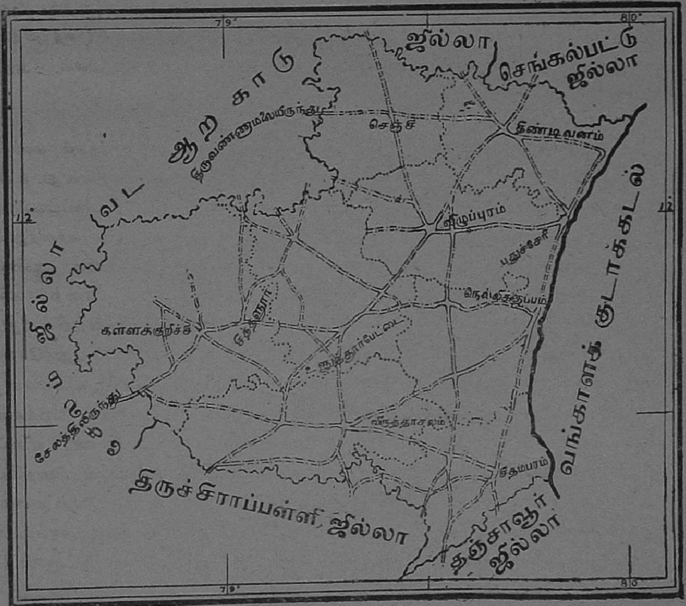
தெற்கில் சிறு பகுதியைத் தவிர, மற்ற கடற்கரைப் பாங்குகள் மணல் படிந்துள்ளவை. தெற்கில் சில மைல்கள் வரை கடற்கரை சதுப்பாயுள்ளது. உள்நாட்டில் மேற்கே செல்லச் செல்ல, கடல் மட்டத்தைவிட உயரம் படிப்படியாய் அதிகமாகி வருகின்றது. நிலப்படல வமைப்புகள், மிகப்புராதன காலத்துப் பாறை வகைகளைக் கொண்டுள்ளன. இற்றைக்கு இருபது கோடி ஆண்டுகளுக்கு முற்பட்ட ஆதிகாலத்து (ஆர்கியன் எஜினது) கூழாம் பாறைக் கல் (கினீயஸ்) வகையான படலங்களே பெரும் பகுதியானவை. அவற்றின்மீது, அதற்குப் பிற்பட்ட காலத்து படலங்கள் அமைந்துள்ளன. புதுச்சேரி, விருத்தாசல மருங்குகளில் சுண்ணாங்காரைக் கட்டி யியலான (கிரிடேஷியஸான) படலங்கள் உள்ளன. அவற்றினின்று, அக்காலத்துப் பிராணிகள் - பயிர்கள் முதலியவற்றின் பதிவுகளைக்கொண்ட 'அகழ்தவிகள்' (பாஸில்கள்) எனப் படும் கல்வடிவங்கள் கிடைக்கின்றன. ஜில்லா முழுதும் அப்படலங்கள் முறையே அமைந்துள்ளன. நிலப்படலங்கள் அமைந்த அக்காலத்தினின்று இன்று வரை, பூகம்பங்கள் முதலான சம்பவங்களால் கிளப்பப்படாமலும், சிதறடிக்கப்படாமலும், அப்படலங்கள் இருந்து வந்துள்ளன, எனக்கொள்ள இடமுண்டு. பிற்காலத்திலமைந்த படலங்கள் சில இடங்களில் மட்டுமே காணப்படுகின்றன.

நமது ஜில்லாவில் உபயோககரமான தாதுப்பொருள்கள் (மினரல்கள்) அதிகமாய் இல்லை. பாறைக்கற்கள் கட்டிடங்கள் அமைக்கப் பயன்படுகின்றன. கப்பிக்கற்கள், வீதிகளுக்குக் கப்பி போட உபயோகப்படுகின்றன. அவை, கூடலூர், புதுச்சேரிப் பக்கங்களிலுள்ள சிறு குன்றுகளினின்று வெட்டி

எடுக்கப்படுகின்றன. பண்ணுருட்டி மருங்கிலுள்ள ஒருவகைக் களிமண் செங்கல் அறுப்பதற்குச் சிறந்தது. அது, 'பண்ணுருட்டி பொம்மைகள்' செய்யவும் பயன்படுகின்றது. திருவேந்திபுரம் பக்கமாய் மஞ்சட்காவிக்கல் அகப்படுகின்றது. கள்ளக்குரிச்சி மலைச்சாரலில் ஆங்காங்கு இருப்பு ஆக்ஸைடு கட்டிகள் புதைந்துள்ளன. நூறாண்டுகள் முன்வரை, அவை தோண்டி எடுக்கப்பட்டு, இரும்பு காய்ச்சி உருக்கி எடுக்கப்பட்டு வந்தது.

தென்னாற்காடு ஜில்லாவில் 32 சத வீதமான நிலப்பரப்பு காடுகளாலானது. அவை, முக்கியமாய், கள்ளக்குரிச்சி—திருக்கோவலூர்—திண்டிவனம் தாலுக்காக்களில் உள்ளவை. சிதம்பரம், கூடலூர் தாலுக்காக்களில் சிறு பகுதியே காட்டுப்பாங்காய் உள்ளது; கொள்ளிடக் கரையிலும், வெள்ளாற்றுக் கரை

தென் ஆற்காடு ஜில்லா, ரஸ்தாக்கள்



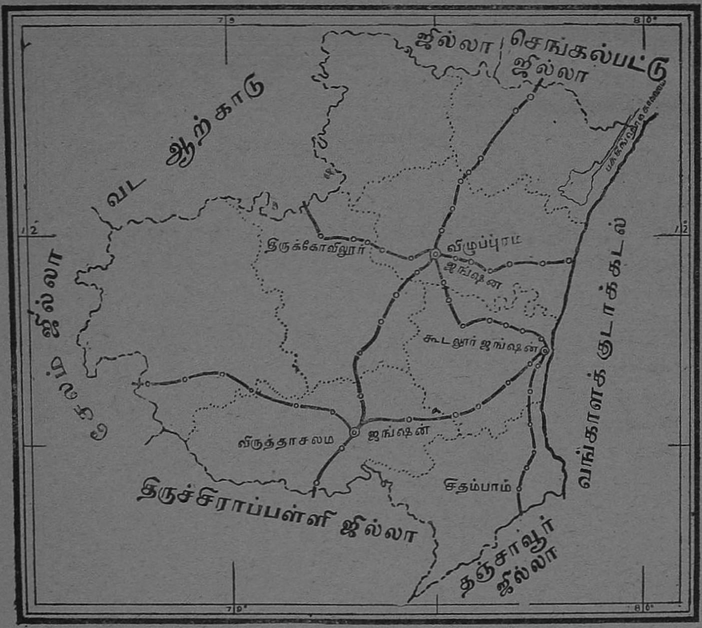
படம் 5

யிலும் சிறு காடுகள் உள்ளன. கள்ளக்குரிச்சிக் காடுகளிலேயே பெரும் மரங்கள் உள்ளன. ஒருவகைத் தேக்கு, வேங்கை, கருங்காலி முதலானவை அக்காடுகளில் உள்ளன. திண்டிவனம் தாலுக்காக் காடுகள் புதர்களைக்கொண்டவை

இவற்றில் சில பகுதிகளில் புல் மண்டியுள்ளது. அவை மேய்ச்சல் நிலங்களாய்ப் பயன்படுகின்றன. ஆற்றங்கரைக் காடுகளில் உபயோகமான மரங்கள் பல உண்டு.

நமது ஜில்லாவின் மாடு, கன்றுகள் சிலாக்கியமானவை அன்று. கள்ளக் குர்ச்சி, திருக்கோவலூர் பக்கங்களில் மட்டும், நல்ல ஜாதி மாடுகள் வளர்க்கப் படுகின்றன. ஆடுகளும் வளர்க்கப்படுகின்றன. கள்ளக்குரிச்சி, திருக்கோவ. லூர் தாலுக்காக் காடுகளில் மான்களும் காட்டுப் பன்றிகளும் சஞ்சரிக்கின்றன. உள்நாட்டுப் பாங்குகளிலுள்ள குளங்களில் மீன் விட்டு வைக்கப்பட்டு, அவ்வப் போது பிடிக்கப்படுகின்றன. கடலினின்றும் மீன்கள் பிடிக்கப்படுகின்றன.

தென் ஆற்காடு ஜில்லா இருப்புபபாதைகள்



படம் 6

இந்த ஜில்லாவின் வெப்ப நிலை (டெம்பரேசர்) பருவகால வேறுபாடுகளை யொட்டி அதிகமாய் வேறுபடுவதில்லை. பொதுவாக, மாரிக்காலத்தில் 65°F வெப்ப நிலைக்குக் குறைந்தும், வேனிற் காலத்தில் 100° F வெப்ப நிலைக்கு

அதிகமாயும் செல்வதில்லை. சராசரி மழை வீழ்ச்சி, ஆண்டிற்கு 50 அங்குலமாம். வெள்ளங்களாலும், சூறுவளிகளினாலும், இரண்டு மூன்று ஆண்டுகளுக்கொரு தடவை சேத மேற்பட்டு வருகிறது.

ரஸ்தா வசதிகளும், ரயில் போக்குவரத்தும் ஒருவாறு உள்ளன. முக்கியமான ரஸ்தாக்கள், திண்டிவனம்—விழுப்புரம்—உளுந்தூர்ப்பேட்டை—தொழுதூர்—வழியே செல்லும் பெரும் பாட்டையும் (கிராண்டு டிரங்கு ரோட்டு) செஞ்சி—திண்டிவனம்—புதுச்சேரி—கூடலூர்—பரங்கிப்பேட்டை வழியே செல்லும் ரஸ்தாவும், பரங்கிப்பேட்டை—புவனகிரி—சேத்தியாத்தோப்பு—விருத்தாசலம் வழியே செல்லும் சாலையும், சேத்தியாத்தோப்பு—ஸ்ரீ முஷ்ணம்—பாளையங்கோட்டை—மன்னார்குடி வழியே செல்லும் ரஸ்தாவும், ஆம். திண்டிவனம்—விழுப்புரம்—சிதம்பரம், விழுப்புரம்—விருத்தாசலம், விருத்தாசலம்—கூடலூர் என்ற வழிகளில் செல்லும் இருப்புப்பாதைகளும் போக்கு வரத்துக்கு முக்கியமானவை.

தொற்று ரோய்கள் பல அவ்வப்போது பரவுகின்றன. காலராவினால் ஒவ்வோராண்டும் பலர் இறக்கின்றனர். கள்ளக்குரிச்சி தாலுக்காவில் பலர் மலேரியா காய்ச்சலால் பீடிக்கப்படுகின்றனர்.

தென்னார்க்காட்டின் முக்கியத்தொழில், வேளாண்மையே. செம்படவத் தொழிலும், படகு கட்டும் தொழிலும் சிறிதளவு முக்கியமானவை. சில இடங்களில் நெசவுத்தொழில் முக்கியமாயுள்ளது. நெல்லிக்குப்பத்தில் சர்க்கரைத் தொழிற்சாலை உள்ளது. பரங்கிப்பேட்டை, மரக்காணம் என்ற கடற்கரை ஊர்களில் உப்பளங்கள் உள்ளன.

நமது ஜில்லாவில் இயற்கையாய் அமைந்த வசதிகள் எவை, அவற்றை எவ்வளவு வரை மக்கள் பயன்படுத்திக்கொண்டுள்ளனர், என்பதைச் சுருக்கமாய்க் கூறினோம். தெரியற்செய்கை முன்னேற்றத்தையொட்டி, இன்னும் பல நலங்களைப்பெற இயலும். எவ்வழியே அவற்றை அமைத்துக்கொள்ளலாம், என்பதைப் பின்வரும் அத்தியாயங்களினின்று அறிந்துகொள்ளலாம்.

இரண்டாம் அத்தியாயம்

உடலினமைப்பும் ஆகமருவேனும் உயிரணுவும்

உலகில் மக்கள் தோற்றமும் அவரது அக்கால நிலைமையும்

நமது உலகம் பல்கோடி ஆண்டுகளுக்கு முன், ஒரு நெருப்புக்கோளமாய் இருந்தது. பிறகு, அதன் சூடு குறைந்துகொண்டே வந்தது. அதன் வெளிப்புறம் குளிர்ந்தது. பயிர்கள் தோன்றின. நெடுங்காலத்திற்குப்பின் எலும்பில்லா ஜந்துக்கள் தோன்றின. அதற்கும் நீண்டகாலத்திற்குப் பின் எலும்புடன் கூடிய மீன்கள் தோன்றின. மனிதர் இற்றைக்கு, சுமார் ஒரு கோடி ஆண்டுகளுக்கு முன்புதான் உண்டானார்கள். அப்படி முதலில் தோன்றின மக்கள் இப்பொழுதுள்ள மக்களினத்தைப் போன்றிருந்தவரல்ல. அவர்கள் நிமிர்ந்து நடக்க இயலாதவராயிருந்தனர்; கைகளையும் நிலத்தில் ஊன்றி, மற்ற நாற்கால் பிராணிகளைப் போலவே நடமாடினர். அவர்களுக்கு கூர்மையான பற்களும், வலிமையான நகங்களும், உறுதியான தாடைகளும் இருந்தன. அவர்களும், மிருகங்கள் செய்வதுபோலவே தங்கள் உடலின் பலத்தையும் சக்தியையும்கொண்டு வேட்டையாடி உணவு பெற்று வாழ்ந்து வந்தார்கள். ஆனால், அவர்கள் மூளையின் அளவுக்கும் முழு உடலின் அளவுக்கும் இடையிருந்த வீதம், மற்ற பிராணிகளின் அவ்வாறான வீதத்தைவிட அதிகமாயிருந்தது. இப்படி மனிதரின் மூளை பெரிதாய் இருந்ததினாலேயே, அவர்களிடம் அறிவு அரும்பிற்று. அவ்வறிவானது அவர்களை யோசனை செய்யத் தூண்டிற்று. இப்படி, மனிதரில் 'சிந்தனை செய்தல்' என்ற குணம் ஏற்பட்டது. மக்கள், தங்கள் அறிவின் துணையைப் பெற்றதினாலேயே, மற்ற ஜந்துக்களைவிட உயர்ந்தவர்களாய் ஆயினர்; இயற்கையாய் நடைபெறுகின்ற சம்பவங்களைக் கவனித்து, அவற்றைப் போலவே தாமும் நடைபெறச்செய்ய முயன்றார்கள். இவ்வாறு, தம் காரியங்களை யோசனையுடன் செய்ய ஆரம்பித்தபோதே, தெரியற்செய்கையும் ஆரம்பமாயிற்று, எனலாம். அதாவது, அறிவைக்கொண்டு வேலை செய்வதும், வேலை செய்வதினின்று அறிவை வளர்த்தலும், தெரியற்செய்கை எனப்படுவதாம்.

நாம், மேலே கூறியபடி, மிருகங்களை ஒத்திருந்த மக்கள், அவற்றில் பலவற்றைவிட வலிவில் குறைந்தவராகவே இருந்தனர். ஆனால், காலக்கிரமத்தில், மக்கள், தம் முன் கால்களைக் கைகளாய் உபயோகிக்கத் தெரிந்துகொண்டனர்; தங்கள் வேலைகளை மூளையைச் செலுத்திச் செய்யலாயினர்; நிமிர்ந்து நிற்கவும், நிமிர்ந்தவாறே நடக்கவும் ஓடவும் இயன்றது. மக்களின் கண்கள் முகத்தின் முன்வாட்டத்து அமைந்தன. எனவே ஒரு வஸ்துவை இரு கண்களைக்

கொண்டு ஒரே தருணத்தில் பார்க்க முடிந்தது ; அப்படிப் பார்க்க முடிந்ததால், தூரம்–கிட்டம் என்றவற்றை மதிப்பிடக் கற்றனர் ; தூரம்–கிட்டம் என்றவற்றை மதிப்பிடுவதில் தேர்ந்தவர்களானமையின், ஒரு வஸ்துவை முன்னும் பின்னுமாய் இழுக்கவும், தள்ளவும், அதைத்தம் அறிவுக்கெட்டியவாறு, சீராய் உருவாக்கவும், மக்கள் பயிலத்தொடங்கினர். இங்ஙனம், மக்கள், கைகளைக் கொண்டு வேலைசெய்யும் மேலான திறமையைப் பெற்றனர். அத்திறமை காலக் கிரமத்தில் முற்றிவந்தது. மக்கள், நகங்களைப் போலவும் பற்களைப் போலவும் கல்லாயுதங்கள் செய்யக் கற்றுக்கொண்டனர். அக் கல்லாயுதங்களைப் பிராணிகளுக்கு இயற்கையா யமைந்த நகங்களையும் பற்களையும் விட அதிக வலிமையானவையாய்ச் செய்ய முடிந்தது ; குன்றுகளின் மீதிருந்து கற்கள் சரிந்து விழும்போது, அவை, பிராணிகளின்மீது விழுந்தால், அப்பிராணிகள் நசுக்குண்டு இறப்பதைக் கண்டார்கள். கல்லை வீசி யெறிந்தும், அதன் பிறகு கல்லாயுதங்களை விசி யெறிந்தும், மற்ற பிராணிகளை வேட்டையாடுவதில் அவர்கள் சமர்த்தர்களானார்கள், கருக்கான முட்களும், கூரான கல் முனைகளும், தம்மைக் குத்தியதால் காயம்பட்ட அம்மக்கள், கூரான ஆயுதங்களைக் கொண்டு பிராணிகளை நன்றாய்க் காயப்படுத்தி அவற்றைக் கொல்லலாம் என்று கண்டார்கள். இப்படியெல்லாம் கல்லாயுதங்களைச் செய்ய அவர்கள் பயின்றமையின், கற்களைப் பற்றின அறிவிலும் அவர்கள் தேர்ச்சியடைந்தார்கள். 'நல்ல கற்கள் எங்கே கிடைக்கும்? எவ்வகையான கற்கள் ஆயுதங்கள் செய்ய ஏற்றவை? கற்களில் எவை கெட்டியானவை? எவை செதுக்குவதற்குச் சுலபமானவை?' என்றவற்றையும் அவற்றைப் போன்ற மற்ற விஷயங்களையும் அவர்கள் தெரிந்துகொள்ள வேண்டியதாயிற்று ; இன்னும், சில வகைக் கற்கள் சில வாட்டங்களில் இயல்பாகவே பிளவுறுவதை அவர்கள் கவனித்திருக்க வேண்டும். அத்தன்மையைத் தக்கவாறு பயன்படுத்தியிருக்க வேண்டும். இம்மாதிரி ஒரு விஷயத்தின் பாற்பட்ட பலவற்றைத் தெரிந்து கொள்வதே, தெரியற்செய்கைப் பயிற்சியாம். அவ்வறிவைப் பெற்ற அக்காலத்தினர் (அவர்கள் இருந்த காலத்திற்குப் பழங்கற் காலமென்றும், அவர்களுக்குப் பழங்கற் காலத்தினர் என்றும் பெயர்). அக்காலத்துக் கற்கள்பாற்பட்ட தெரியற்செய்கையில் தேர்ந்தவர்கள். முதலில் அம்மக்கள், கற்களைக் கொண்டு பொதுவாய்ப் பயன்படும் ஆயுதங்களையே செய்தார்கள். அதன் பிறகு, தோண்டுதல் வெட்டுதல்-குடைதல்-குத்துதல்-எறிதல்-செதுக்கல்-அடித்தல் இன்னோன்ன பல வேலைகளுக்கும் தக்கவாறான ஆயுதங்களைத் தனித்தனியே சிறப்பாய்ச் செய்ய அவர்பின்வந்தவர் அறிந்தார்கள்.

பழங்கற் காலத்து தெரியற்செய்கை

அதற்குப்பின், இரு கற்கள் உராயும்போது தீப்பொறிகள் பறப்பதை மக்கள் கண்டு, அதைப்பற்றி ஆராய்ந்து, தமக்குத் தேவையானபோது தீயை மூட்டிக்கொள்வதற்கும், வேண்டாதபோது அணைத்து விடுவதற்கும் தெரிந்து

கொண்டார்கள். இதுவும் ஒரு பெரும் தெரியற்செய்கையறிவே. தீயைப் பற்றி அறிந்ததினின்றே தற்காலத்து தெரியற்செய்கை எழுந்துள்ளது.

தீயும் தற்கால தெரியற் செய்கையும்

தீயைக்கண்டு பிடித்ததால், அக்காலத்தினர், தீவட்டிகளைக் கொண்டு இராக் காலங்களிலும் வெளிச்சம் பெற அறிந்துகொண்டனர்; உணவைச் சமைத்து, மெதுவாக்கி, ருசி கண்டு சாப்பிடத் தெரிந்துகொண்டார்கள்.

உராய்வதினின்றே தீ உண்டாக்கப்படுகின்றது. அதாவது, இரு பொருள்கள் அசைவதின் நிமித்தம், சூடு பயத்தப்படுகின்றது. நாம், கை கால்களை அசைத்தே வேலை செய்கிறோம். இவ்வகையில், சூட்டிற்கும், வேலை செய்வதற்கும், அசைவே முக்கிய காரணம் எனத் தெரிந்து கொள்கிறோம். ஆகவே, சூட்டிற்கும் வேலைக்கும் அடிப்படையான சக்தி ஒன்றே. இன்னும், சூடு படுவதால், பதார்த்தங்களின் தன்மை மாறுபடுகின்றது என்பதை, பச்சைக் கறிக்கும் வேகவைத்த கறிக்குமுள்ள வேற்றுமையே காட்டுகிறது. நமது உடலுக்குள்ளும் இப்படியே பலவகையான காரியங்கள் நடைபெறுகின்றன. சாப்பிடாமல் வேலை செய்ய முடியாது. நமது உடலில், உணவு ஜீரணமாகும்போது, அது

சூட்டுச் சக்திக்கும் வேலைச் சக்திக்கும் ரஸாயனச் சக்திக்கும் இடையுள்ள தொடர்பு.

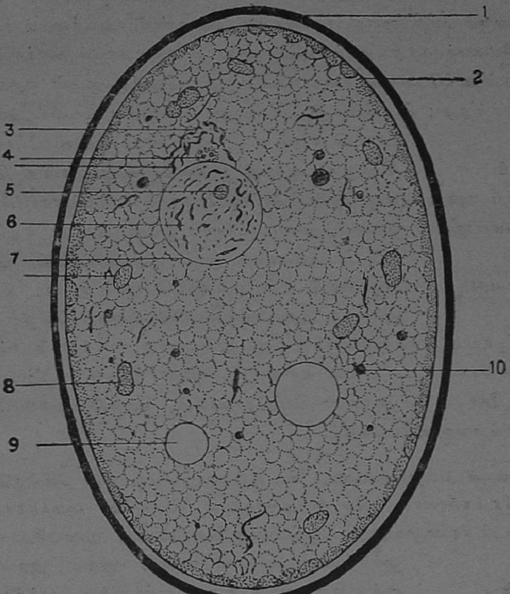
உடலினுள் ஒரு முறையையொட்டிப் பதப்பட்டு, நாம் செய்கின்ற வேலைக்கான சக்தியைத் தருகின்றது, என்று, அதனால் அறிகிறோம். அப்படி உணவு ஜீரணமாகும் போது, ரஸாயன மாற்றமும் சூடும் ஏற்படுகின்றன. ஆகவே, நாம் உட்கொள்ளும் உணவு, எவ்வாறு நாம் வேலை செய்வதற்கான சக்தியாய் மாறுகின்றது என்பதைப் பற்றியும், நமது உடலின் அமைப்பு பொதுவாய் எப்படியுள்ளது, என்பதைப் பற்றியும், நாம் முதலில் தெரிந்துகொள்ள வேண்டியது, முக்கியம்.

நமது உடலில், எலும்பு, தசை (Muscle), நரம்பு (Nerve), தோல், இரத்தம் என்பவை உண்டு. இவற்றைப் பிணைக்கும் பந்தனங்களும், ஒரு பாகத்தினின்று மற்றொன்றினுக்குச் செல்லும் பெருங் குழாய்களும் சிறு குழாய்களும் உடலெங்கும் பரவியுள்ளன. மயிரிழைக் குழாய்களும் (காபில்லரிகள்—Capillaries) உண்டு. உயிருடனிருக்க, நாம் மூச்சுவிட்டுக் கொண்டிருக்க வேண்டும்; அவ்வப்போது நீரும், உணவும் அருந்த வேண்டும். அவ்வுணவு செரிமான மாகின்றது; அதனால் சக்தி பிறக்கும். அச்சக்தியைக் கொண்டு,

நமது உடலில் நடைபெறும் காரியங்கள்

நாம் வேலைசெய்கிறோம். உணவினின்று சக்தி உண்டாவதற்கான காரியங்கள் உடலினுள் நடைபெறுகின்றன. அங்கிருந்து கசடுகள் கழியவேண்டும். அவற்றிற்கான உறுப்புக்கள் உடலுக்குள் இருக்கின்றன. வேறு வேலையைச் செய்வதற்கு, கை, கால் முதலான அங்கங்கள் உண்டு. இவை எல்லாம் கர்மேந்திரியங்கள். தொட்டுணரவும், காணவும்,

கேட்கவும், சுவைக்கவும், முகரவும், பொறிகள் உண்டு. அவை, ஞானேந்திரியங்கள். புனிறுப்பாரித்தல் (Reproduction) செய்வதற்கான ஜனனேந்திரியங்களும் உண்டு. இவை எல்லாம், நமது உடலில் தத்தம் கடமைகளை எப்படிச்செய்கின்றன என்பதைப்பற்றி நாம் தெரிந்துகொண்டோமாயின், வெளியுலகில் நடைபெறுகின்றவை எல்லாம் எவ்வாறு நேர்கின்றன என்பதைப் பற்றின அறிவைப் பெறலாம். ஆகவே, இனி, நமது உடலையொட்டியவாறே எல்லா விஷயங்களும் விளக்கம் செய்யப்படும்.



படம் 7. ஆகமரு (ஸெல்—Cell)

1. ஸெல்சுவர்
2. ஆணமாகயேடு (Plasmamembrane)
3. கால் கைக்கருவி (Golgi apparatus)
4. இமு முதல்கள் (Centrioles)
5. நுணவு நடு முதல் (Nucleolus)
6. வண்ண மேற்பி (Chromatin)
7. நடுமுதல் (Nucleus)
8. பிளாஸ்டிடுகள் (Plastids)
9. புற்புதமைகள் (Vacuoles)
10. பாரா பிளாஸ்டிக்குகள் (Para plasticbodies)

முதலில், உயிருக்கு அடிப்படையானது எது, என்பதைப் பற்றி தெரியற் செய்கையோர் என்ன சொல்லுகிறார்கள், என்று, சற்று கவனிக்கலாம். 'நாம் ஏன் உயிரோடிருக்கவேண்டும்? பிறகு ஏன் இறக்க வேண்டும்'? என்ற வற்றை தெரியற்செய்கையோரால் விளக்க முடியாது; எப்படி உயிரோடு இருக்கிறோம் என்பதைச் சற்று விளக்க இயலும். உயிருள்ளவற்றிற்கெல்லாம் பொதுவான இலக்ஷணங்கள் எவை? பிறத்தல், வளர்த்தல், இனப்பெருக்கம் செய்தல், சுற்றுவாட்டத்துள்ளவற்றுடன் தொடர்புகொண்டிருத்தல் என்ப வையே. உயிருள்ளதொன்று சிறிதாய் உற்பத்தியாகின்றது; வெளியே யிருந்து வரும் பலவற்றைத் தக்கவாறு உட்கொண்டு, அவற்றைத் தன்னுடற் பகுதிகளிலமைந்தவாறு மாற்றிக்கொண்டு, கொஞ்சகாலம் வளர்கின்றது. பிறகு, தன்னைப்போன்றவற்றை ஈன்கின்றது; வெளியுலகுடன் ஒருவாறு சம் பந்தப்படுகின்றது; இறுதியில் இறக்கின்றது. உயிருள்ள உடலின் அடிப்படை யான பொருள் எது, என்பதைக் கவனிப்போம். அப் பொருள், ஆகமரு ('செல்'—Cell) என்ற வொன்று என தெரியற்செய்கையோர்கள் கண்டுள்ளார்கள். செல் ஒன்றைத் துண்டாக்கினால், ஒன்று, அது அழிந்துபோகும்; அன்றி, மறுபடியும் முழு செல்லாய்விடும். அதாவது செல்லைவிடச் சிறிய உயிர்ப்பொருள் இல்லை. ஒரு ஜந்து வினின்று அதன் செல்களில் ஒன்றை வேறாய் எடுத்து, அது அழியாதபடி தக்க வகையில் உயிருடனுள்ளவாறு வைத்துக்கொள்ளலாம். அப்படி எடுக்கப்பட்ட செல் ஒன்றை, மைக்ராஸ்கோப் (Microscope) கொண்டு நோக்கி, பரிசோதனை செய்தோமாயின், செல்லின்அமைப்பு எவ்வா றுனது என்பதை அறியக்கூடும்.

உயிருக்கும் உடலுக்கும் அடிப் படையான பகுதி 'செல்' எனப்படுவது.

செல்கள் பலவாறுனவை. சில உயிர்வாழ்வனவற்றின் செல்களை கண் ணால் நேரே காணலாம், சில சிற்றுயிர்களின் செல்களை மைக்கிராஸ்கோப் பினால் கூடக் காணமுடியாது. ஒவ்வொரு செல்லிலும், முறையே, இரண்டு முக்கியமான பகுதிகள் உண்டு. அவை, அதன் நடுவி லுள்ள சிறு கருவும், அதைச் சூழ்ந்துள்ள பதார்த்தமுமாம். நடுவிலுள்ள கருவுக்கு 'நடு முதல்' (நியூக்ளியஸ் Nucleus) என்றும், சுற்றுமுள்ள பொருளுக்கு 'செல்லாணம்' (ஸைடோபிளாஸம்—Cytoplasm) என்றும், பெயர். செல்லைச் சுற்றிலும், சுவர் வைத்ததைப் போன்றுன அமைப்பு உள்ளது. அதை, 'செல்-சுவர்' எனலாம். பயிர்களின் செல் சுவர்கள், மரப்பட்டையின் அடிப்பொருளா லானவை. அப்பொருளுக்கு 'செல் சார்பியல்' (செல்யூலோஸ்-Cellulose) என்று பெயர். பிராணிகளின் தோலிலுள்ள அடிப்பொருளே, அவற்றின் செல் சுவர்களிலுள்ளவையுமாம். செல் சுவருக்குள்ளே, மெல்லிய ஏடு, செல்லை முழுதும் போர்த்துக்கொண்டு இருக்கும். அதற்கு 'ஆணவியலேடு'

செல்லின் உள்ளமைப்பு முறை

(பிளாஸ்மா மெம்ரேன் - Plasma membrane) என்று பெயர். ஸெல் உயிருடனிருக்க வேண்டியதற்கான ஊண் இச்சுவரின் வழியே உள்ளே செல்லும்; உள்ளே ஏற்படும் கசடுகளும் இச்சுவரின் வழியாகவே வெளியேறுகின்றன. பிளாஸ்மா மெம்ப்ரேன் சூழ் நிலைமையின் (என்வைரன்மெண்டின்-Environment) மாறுதல்களுக் கேற்றவாறு, சுருங்கவும் விரியவும் கூடும். ஸெல்லிலுள்ள ஸைடோபிளாஸம் தெளிந்த பாகு போன்ற திரவம். இதில் சிறுசர்க்குகள் போன்ற வஸ்துக்கள் சில உள்ளன. அவை உணவுப் பொருள்களின் மிகச் சிறிய பகுதிகள். இவை ஒருவகையான உப்பு நீரில் கரைந்துள்ளவை. அத்திரவம் நீரைப்போல் பரவலானதல்ல; நுரையைப் போன்றது. அந்நுரையின் மத்தியில் பல்லாயிரக்கணக்கான சின்னஞ்சிறு வஸ்துக்கள் உள்ளன. அவற்றில் சிலவற்றை மைக்கிராஸ்கோப்பால் காணலாம். மைக்கிராஸ்கோப்பின் வழியேயும் தென்படாதவை பல இருக்கலாம். இவை எவ்வியலினவை என்பதைப் பற்றி இன்னும் திட்டமாய் ஒன்றும் அறியப்படவில்லை. அவற்றில் சில, கட்டிகள்; மற்றுஞ் சில எண்ணெய்த் துளிகள் போன்றவை; மற்ற சில, ஸெல்லின் உபயோகத்திற்காக செய்து வைத்துக்கொள்ளப் பட்டவை. பயிர்களின் ஸெல்களிலுள்ள இவ்வாறுனவை சில, 'கலம்பகமிழைகள்' (பிளாஸ்டிடுகள்-Plastids) எனப்படுகின்றன. அவை, சர்க்கரை-மாவு முதலானவற்றைச் செய்யும் சிறு ஆலைகள். பயிர் பச்சைக்குக் காரணமான 'சாகைப்பலாசு' (குளோரோபைல்-Chlorophyll) என்ற பொருள், பிளாஸ்டிடுகள் சிலவற்றில் உண்டாக்கப்படுகின்றது. பல பயிர்களின் ஸெல்களிலும், மிகச் சிறிய ஜந்துக்களின் ஸெல்களிலும், சிறு குமிழ்கள் காணப்படுகின்றன. அவை 'புற்புதங்கள்' வாக்யூல்கள்-Vacuoles) எனப்படுகின்றன. அவற்றில் நீர் இருக்கலாம். அவை ஜீரணப் பைகளாகவும் கசடு நீக்கும் பைகளாகவும் இருப்பவை. பெரும் ஜந்துக்களின் ஸெல்களில் வாக்யூல்கள் இல்லை. ஸெல்லில் மிக மெல்லிய இழைகள் சில உண்டு. அவ்விழைகள் பலவற்றின் பின்னலாலான 'கிஞ்சத்திரணக் கருவி' (கால்கை அப்பரேடஸ் - Golgi Apparatus) எனப்பட்டது, ஸெல்லில் உள்ளது. அதில் ஸெல்லுக்குத் தேவையான ரஸாயன வஸ்துக்கள் இழைக்கப் படுகின்றன. அதில் 'நடுப் பொட்டுகள்' (ஸெண்ட்ரியோல்கள் - Centrioles) என்ற நொய் போன்ற திட்டுகள் உள்ளன. இவை ஸெல் ஒன்று பிளந்து, பல ஸெல்களாக ஆகும் தருணத்தில் பயன்படுபவை. ஸெல் வகிர்தலைப்பற்றிப் பின் வரும் அத்தியாயமொன்றில் விவரிப்போம். ஸெல்லில் முக்கியமான பகுதி, அதன் நியூக்கிளியஸ். நியூக்ளியஸை இழந்த ஸெல், விரைவில் அழிவுறும். நியூக்ளியஸ் ஒரு சிறு தீவான இடம். அதைச் சுற்றிலும் கெட்டியான எடு இருக்கும். நடுவிலுள்ள இடம் ஸெல்லின் மற்ற பகுதிகளிலுள்ளதைவிட நீரியல் மிக்கதான திரவத்தால் நிரம்பியிருக்கும். நியூக்ளியஸில் நூற்கண்டு கலைப்போன்ற மிகச் சிறு கண்டுகளும், சிறுபரல்களும், சிறு தினைகளும் உள்ளன. அவை 'வண்ணமேற்பி' (குரோமாடின் - Chromatin) எனப்

படுவதின் பகுதிகள். ஒவ்வொரு பயிரினமும் ஒவ்வொரு பிராணி யினமும், அதனதற்கென்றான குரோமாடின் ரகத்துடன் உள்ளது. இனத்தினின்று இனம் வேற்றுமைப் படுவதின் மர்மம் குரோமாடினிலுள்ளது. பெற்றோரிட மிருந்து பிள்ளைகளுக்குச் செல்பவை, குரோமாடின் பகுதிகளே. பரம்பரைக் கொடிவழியியல், குரோமாடின் பாற் பட்டது. குரோமாடின் என்றால் என்ன வென்பதைபபற்றி நாம் அதிகமாய் ஒன்றும் அறியோம். ஆயினும் ஸெல் வகிர்தலாகும்போது, குரோமாடின் பகுதிகள் அவ்வகிர்தலுடன் எவ்வகையான தொடர்புடனுள்ளன, என்பதைப் பற்றி நிற்கும் விஷயங்கள் பல கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளன.

ஒரு ஸெல் ஜந்துக் களும், பல ஸெல் ஜந்துக்களும்

தனி வேறான ஸெல் ஒன்றுங்கூட, உயிரின் எல்லாப் போக்குகளுடனும் கூடியது. அது அசையக்கூடும்; உண்ணும்; ஜீரணிக்கும்; வளரும்; ஒன்று பலவாய்ப் பெருக்கமடையும்; உணரும். இவ்வகையான ஸெல் ஒன்றைக்கொண்டே அமைக்கப்பட்ட சிற்றினங் கள் உண்டு. அச் சிறு ஜந்துக்கள், அளவில் சிறியவை; வலிமை குறைந்தவை; அற்ப ஜந்துக்கள் எனப்படுபவை. மனிதன் ஒருவன் தனக்கு வேண்டியவற்றை எல்லாம் தானாகவே செய்துகொள்ளக்கூடும். அதாவது, தன் உணவைத் தானே பயி ரிட்டுப் பெற்றுச் சமைத்து உண்ணலாம்; தனக்கு வேண்டிய உடையைத் தானே நூற்று நெய்துகொள்ளலாம்; தான் வசிப்பதற்கான வீட்டைத் தானே கட்டிக்கொள்ளலாம்; பகைவருடன் தான் மட்டுமே போராடலாம்; தானே வைத்தியம் செய்துகொள்ளலாம். ஆயினும், எல்லா வேலைகளையும் ஒருவனே செய்யும்போது, ஒவ்வொன்றையும் செம்மையாய்ச் செய்து முடித்தல், கடினம். ஒருவன் பயிரிடல்—மற்றொருவன் துணி நெய்தல்—இன்னொருவன் கட்டிடம் அமைத்தல் இன்னோரன்னவாறு ஒவ்வொருவரும் ஒவ்வொரு வகை வேலையை மட்டும் செய்துவந்தால், எல்லா வேலைகளும் திறம்படச் செய்யப்படும். ஆனால் ஒரு வேலையை மட்டுமே செய்து வருகின்றவன், மற்ற வேலைகளைச் செய்யும் திறமையை இழந்து விடுகிறான். ஆதலின், ஒருவகை வேலையைச் செய்கின்ற ஆள் இல்லாது போய்விட்டால், அவ்வகை வேலையில் நிறுத்தம் ஏற் படும். அதைப்போலவே, ஒரே ஸெல் எல்லா வேலைகளையும் செய்யும்போது, அது, அவை எல்லாவற்றையும் குறைந்த அளவுக்கே செய்ய முடியும். எனவே, ஒரே ஸெல்லாலமைந்த ஜந்துக்கள் சிறியவையாயும், சொற்ப பலத்தினவாயும் உள்ளன. பல ஸெல்களாலமைக்கப்பட்ட பெரிய பிராணிகளில், ஒவ்வொரு வகையான வேலைக்கும் அதனதற்கேற்ற ஸெல்கள் உண்டு. நமது குடல் ஸெல்கள் உணவைக் கிரகித்துக்கொள்வதில் திறமையானவை; கிரந்திகளி லுள்ள ஸெல்கள், சாறுகள், திராவகங்கள் முதலான ரசாயனப் பொருள்களை ஆக்குவதில் தேர்ந்தவை; தசையின் ஸெல்கள் அசைவு விளைவிப்பதில் சிறந் தவை; நாம்பு ஸெல்கள் உணரும் தன்மையைப் பெரிதும் பெற்றவை.

எல்லா ஸெல்களும், பொதுவாக பிளந்துப் பிரிந்து பலவாய்ப் பெருக்கப் மடையும் இயலினவை. ஆனுல் சிலவகை ஸெல்கள், அவையுள்ள பிராணிகள் முழுவளர்ச்சியடைந்தபின், பெருக்கமடையும் தன்மையை இழக்கின்றன. மனிதன் ஒருவன் வளர்ந்தபின், அவனது நரம்பு ஸெல்கள் பிளந்துப் பலவாகும் திறமையை இழந்துவிடுகின்றன. இருபது வயதுக்கு அதிகமான ஒருவனின் நரம்பு ஸெல்கள் சில நசித்துவிட்டால், அவன் தன் மீதியான வாழ்நாட்களை அவையின்றியே கழிக்கவேண்டும். அதாவது, நாம் மேலே கூறியபடி, அந் நரம்பு ஸெல்கள் செய்துவந்த வேலையில் கிறத்தம் ஏற்படும். இளமையில் அவ் விபத்து நேரிட்டால், ஊறுபடாதுள்ள நரம்பு ஸெல்கள் பிளந்து அதிகமாகி, இழந்தவற்றை ஈடுகட்டிவிடும்.

ஒரு ஸெல்லாலமைக்கப்பட்ட ஜந்து ஒன்றைப்பற்றிக் கற்று, பிறகு படிப் படிப்படியாய் மேலேறிவந்து, பலவகையான பல்கோடி ஸெல்களைக் கொண்ட மனிதனைப்பற்றிக் கற்றலே முறை, என்று நினைக்கலாம். ஆனுல், நாம் மேலே கூறியபடி, ஸெல்லைப்பற்றி தெரியற்செய்கையோர்க்கு அதிகமாய்த் தெரியாது; அவை செய்கின்ற வேலைகளைப்பற்றியே அவர்கள் சிறிது அறிவார். ஆதலின் மனித உடலில் அவை எப்படி-எதை-என்ன வகையில் செய்கின்றன என்பதைப்பற்றி தெரிந்துகொள்வதே முக்கியம். அதையொட்டி, இனி நமது, உடலமைப்பு முறையைப்பற்றி விரிவாய் அறிந்துகொள்ள முயற்சி செய்வோம், அப்படிப் பயிலும்போது, நாம் நமது எலும்பு-தசை-என்றும், இரத்தம்—இரத்த வோட்டம்—மூச்சுமுறை என்றும், ஜீரண-கழிவுமுறை என்றும், பொறியுணர் முறை என்றும், இன்னும் இவ்வாறுமான ஒழுங்கையொட்டி, உடலைப்பற்றி, பின்வரும் அத்தியாயங்களில் கற்போம். இப்போது, பொதுவாக, நாம் உட்கொள்ளும் உணவு, உடலினுள் நடைபெறும் காரியங்களுக்கும் நாம் செய்யும் வேலைகளுக்கும் மூலமான சக்தியை எவ்வாறு தருகின்றது என்பதைப் பற்றிச் சுருக்கமாய் அறிதல் நன்று.

பொருள்கள் உராய்வதால் சூடு உண்டாகின்றது. அதாவது, அசைவே சூடு உண்டாவதற்குக் காரணம். வேலை செய்யும்போதும் நமது அவயவங்களை ஆட்டுகிறோம். அசைவே, வேலை செய்யப்படுவதற்கும் காரணம். ஆகவே, வேலை செய்யப்படல், சூடு உண்டாதல், என்ற இருவிளைவுகளும் இயக்கத்தை யொட்டிய சக்தியை முன்னிட்டே நேரிடுகின்றன; அவை இரண்டும் ஒன்று மற்றொன்றாய் மாறக் கூடியவையே. வேலை செய்யப்படுவதின் நிமித்தம் சூடு உண்டாகலாம்; சூட்டைக்கொண்டு வேலை செய்விக்கப்படலாம்.

உடற் சக்தியும் ரஸாயன மாற்றங்களும்.

இரும்புத்துண்டு ஒன்றைத் திறந்த வெளியில் போட்டு வைத்தால், அது காற்றுப்பட்டு துருப்பிடிக்கிறது. துருவேறுவதற்குக் காரணம், காற்றிலுள்ள 'உயிரியம்' (ஆக்ஸிஜன் Oxygen) என்ற வாயுவும் இரும்பும் சேர்ந்து, இருப்பு உயிரியடு (ஆக்ஸைடு-Oxide) என்றது ஏற்படுவதினுலேயே. இருப்பு ஆக்ஸைடையே, நாம் துரு என்கிறோம்.

இவ்வாறு ஆக்ஸிஜன் சேர்வதற்கு 'உயிரியேற்றல்' (ஆக்ஸிடேஷன் - Oxidation) என்று பெயர். ஆக்ஸிடேஷன் எனப்படுவது ஒரு ரஸாயன மாற்றம். அதைத் தவிர, வேறுபல ரஸாயன மாற்றங்களும் நடைபெறலாம். கிளிஞ்சில்கள் மீது தண்ணீரை ஊற்றினால் அது சுண்ணும்பாய் ஆகின்றது. அதுவும் ரஸாயன மாற்றமே. கிளிஞ்சில்கள்மீது ஊற்றப்படும் நீர் கொதிக்கின்றது. அதாவது ரஸாயன மாற்றத்தின்போது சூடு உண்டாகின்றது. எனவே, ரஸாயன மாற்றத்தின்போது, சக்தி விளைவிக்கப்படலாம் என்று அறிகிறோம்.

நாம் உட்கொள்ளும் உணவு பதார்த்தங்களில், உடலினுள், பல ரஸாயன மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. அவற்றையொட்டி உடலின் ஸெல்கள் அமையவும், தேய்வுறாமல் இருக்கவும் வேண்டப்பட்ட பொருள்களும், வேலைக்கான சக்திக்கு மூலமான ஆக்ஸிடேஷன் நடைபெறுவதற்குத் தேவையான பொருள்களும் பயத்தப்படுகின்றன. ஆக்ஸிடேஷனுக்கு வேண்டப்பட்ட ஆக்ஸிஜன், நாம் மூச்சு வாங்குப்போது உட்கொள்ளும் காற்றின் பகுதியாயுள்ளது. ஆக்ஸிடேஷன் ஆனபிறகு ஏற்படும் கரியீருயிரியடு (கார்பண்டை ஆக்ஸைடு-Carbon-di-oxide) என்ற வாயு மூச்சு விடும்போது வெளியேறுகின்றது. ஆக்ஸிடேஷன் நடைபெறும்போது விடுவிக்கப்படும் சக்தி, வேலை செய்வதற்கான இயக்கச் சக்தியாயுள்ளது. நாம், எவ்வகையான வேலையும் செய்யாமல் வாளாவிருப்பினும், உடலினுள் நடைபெறும் காரியங்கள் நடந்தேறவேண்டும். அதற்கான சக்தி எப்போதும் வேண்டப்படும். ஆகவே, நமது உடலினுள் இடையறாது ரஸாயன மாற்றங்கள் நடைபெற்றுக்கொண்டே இருக்கும். உயிருள்ளவரையில், ஓயாது வேலைசெய்யப்பட்டுக்கொண்டேயுள்ள ராஸயன தொழிற்சாலை நமது உடலிலுள்ளது, எனலாம். வேலை தடைப்பட்டு நின்றுவிடாதபடி இருக்க, நாம் மூச்சு விட்டுக்கொண்டேயுள்ளோம்; அவ்வப்போது உணவும் நீரும் ஊட்டுகிறோம்; ரஸாயன மாற்றச் சக்தி இயக்கவியல் சக்தியாய் அளிக்கப்படுகிறது; பயன்படாத பொருள்கள் சகடுகளாய்க் கழிக்கப்படுகின்றன. நீராவி இயந்திரங்களிலும், மோட்டார் எஞ்சின்களிலும் இம் முறையையொட்டியே வேலை செய்யப்படுவதற்கான சக்தி பெறப்படுகின்றது. அவற்றில் நிலக்கரியாவது, கட்டையாவது, எண்ணெயாவது எரிக்கப்படுகிறது. அவை எரிவதால் பெறப்படும் சூடு, வேலை செய்யப் பயன்படுகின்றது; சாம்பலும், எரிந்தோய்ந்த வாயுக்களும் வெளியேற்றப்படுகின்றன. ஆகவே அவற்றைப் போன்றே நமது உடலும் 'உள்ளிருந்து எரியும் இயந்திரம்' (இண்டர்னல் கம்பஷன் எஞ்சின்) ஒன்றும், எனலாம். அது உணவையும் நீரையும் காற்றையும் உட்கொண்டு, பயனற்ற சக்கைகளை வெளியே தள்ளிவிட்டு, சக்தியைத் தருகின்றது.

உடல் உள்ளிருந்து எரியும் எஞ்சின் (இண்டர்னல் கம்பஷன் எஞ்சின்) போன்றது.

மூன்றாம் அத்தியாயம்

எலும்பு—தசைப்பொருந்தலும் இயந்திரவியலும்

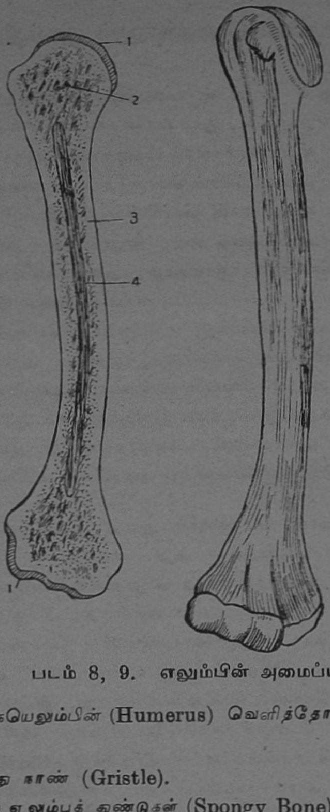
நமது உடலின் பாகங்கள் பலவற்றையும் தாங்கிக்கொண்டிருப்பது நமது எலும்புக்கூடு. எலும்புகள், ஆர்ப்புநாண்கள் (லிகமண்டுகள்-Ligaments,) என்ற நார்களால் பிணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவ்வாறு பல சட்டங்கள் பொருத்தப்பட்டமைந்துள்ளது, எலும்புக்கூடு. நாம் செய்கின்ற வேலைகளுக்கு, எலும்புகளே, ஆயுதங்கள் போன்று பயன்படுகின்றன. எலும்புகள், அவை செய்யவேண்டியதற்கான வேலைகளுக்குத் தகுந்தவாறு அமைக்கப்பட்டும் கட்டப்பட்டும் உள்ளவை. அம்முறையை யொட்டியே, நாம் பலவகை வேலைகள் செய்வதற்கென, பல பொருள்களைக்கொண்டு, கருவிகளைச் செய்கிறோம். உடலினுள் நிகழ்கின்ற இரத்தவோட்டம், செரிமானம், முதலான அலுவல்கள் ஒவ்வொன்றுக்கும் அதனதற்கான பாகவமைப்புக்கள் உள. அவை எல்லாம், அதுவதுவுள்ள இடத்திலிருந்து சரிந்துவிடாமல் இருப்பதற்கான ஆதாரங்களும், எலும்புகளே. உடலிலுள்ள அவயவங்கள் பலவும் தக்கவாறு அசைவதற்குக் காரணமான தசைகளும் எலும்புகளுக்கே ஏற்ற வகையில் கட்டப்பட்டவை.

எலும்புக்கூடு

எலும்பு அதிசயமான பொருளால் ஆனது. அது வலிமை மிக்கதாயும் கெட்டியாகவும் இருக்கவேண்டும். அது, கர்ப்பச் சிசு நிலைமையில் தாயின் இரத்தத்தினின்று பெறுகின்ற பொருள்களிலிருந்து முதலில் உண்டாக்கப்படுகின்றது. பிறகு, தாய்ப்பாலினின்று கிடைக்கும் பொருள்களைக் கொண்டு உரமானதாகின்றது; அதன் பிறகு உண்ணப்படும் பதார்த்தங்களிலுள்ளவற்றையும் சேர்த்துக்கொண்டு கெட்டிப்படுகின்றது. இவ்வாறு உணவினின்று கிடைக்கும் கெட்டிப் பொருள்களாலேயே எலும்பு அமைக்கப்படுகின்றது. எலும்பு, முதலில், 'கொம்மையக்கு' (கார்டிலேஜ்—Cartilage) எனப்படும் எலும்புக் குருத்தாய் அமைக்கப்படுகின்றது. எலும்பொன்று இருத்தப்படவேண்டிய இடத்தில், கார்டிலேஜ் ஸெல்கள் முதலில் உண்டாகின்றன. கார்டிலேஜ், நாளடைவில் கெட்டிப்பட்டு வலிமையான எலும்புப் பொருளாய் ஆகின்றது. இவ் வெலும்புப் பொருள், 'கால்ஷியம் பாஸ்பேட்' (Calcium phosphate) என்றதினாலானது. புதிதாய் அமைந்த எலும்பைச் சுற்றிலும், மெல்லிய ஜவ்வொன்று படர்கின்றது. குருத்தெலும்பு, படிப்படியாய் கெட்டியெலும்பாய் மாறுகின்றது. மாந்தரில், ஒருவருக்கு இருபத்தெட்டு வயதாகும் வரை, அவ்வாறான மாறுதல் முற்றுப்படுவதில்லை. பெரிய எலும்புகளின்

எலும்புகளின் அமைப்பு

வெளிப்பகுதி, யானைத் தந்தத்தைப்போலக் கெட்டியாயிருக்கும். அதன் உட்பகுதி, குறுக்கும் நெடுக்குமாய்ப் பின்னல் வலையமைந்ததைப்போல, பல எலும்பியல் வஸ்துக்களைக் கொண்டதாயிருக்கும். அவற்றினிடையிலுள்ள இடுக்கு



படம் 8, 9. எலும்பின் அமைப்பு.

மேற்கையெலும்பின் (**Humerus**) வெளித்தோற்றமும் உள்ளமைத் தோற்றமும்.

1. குருத்து நாண் (Gristle).
2. விரசல் எலும்புத் துண்டுகள் (Spongy Bone)

3, 4. எலும்புத் துண்டுகள் அமைதல்

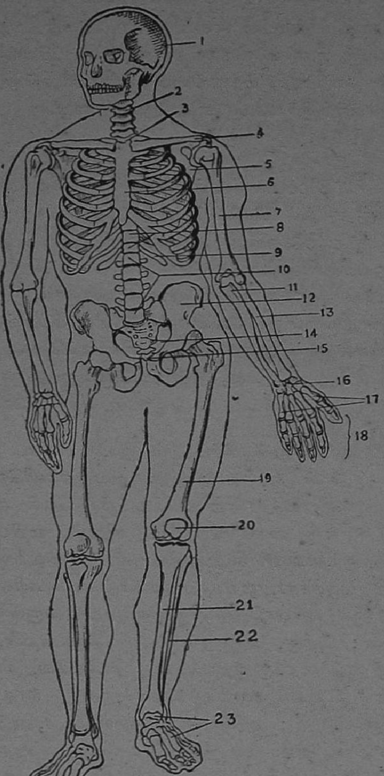
எலும்பு நல்லி (Bone-marrow) நிரம்பினவாறுயிருக்கும். எலும்பு நல்லியில் இருவகைகள் உண்டு. மஞ்சள் நல்லி என்ற வகை பெரும்பகுதியில் கொழுப்பாலானது; சிவப்பு நல்லியென்ற மற்ற வகை 'ஊன் நார்ப்பிரிகள்' (டிஷ்யூக்கள்—**Tissues**) எனப்படும் செல் தொகுதிகளில் முக்கியமான தொன்று. ஆகவே, எலும்பின் அமைப்பு, உடலின் பாகங்களைத் தாங்கிக்கொள்வதற்குத்

தருகின்றது. அதன் உட்பகுதி முழுதும் திணிக்கப்பட்டவாறில்லாமல், இடைக் கூடானதாயிருப்பதால், எலும்பின் எடை குறைகின்றது. ஆயினும், உள்ளேயுள்ள சிற்றெலும்புகள் இருப்புப் பாலத்து கர்டர்களைப்போல் பொருந்தியிருப்பதால், எலும்பின் கனந்தாங்கும் வலிமை குறையாதுள்ளது. எலும்புகள், 'லேசுக்குலேசு, பலத்திற்குப் பலம்' என அமைந்தவை.

எலும்பு உயிருடனுள்ள பொருள். அதில் பல்லாயிரக்கணக்கான சின்னஞ் சிறு இரத்தப்புரைகள் (Blood vessels) எல்லாத் திக்குகளையும் நோக்கி ஓடியுள்ளன. இன்னுஞ் சற்றுப் பெரிய இரத்தக் குழாய்கள் நல்லிக்குச் செல்லுகின்றன. எலும்புத் துண்டு ஒன்றை மைக்கிராஸ்கோப் கொண்டு நோக்கினேமாயின், அதில் ஓடியுள்ள பல் நூறாயிரக்கணக்கான சிறு வாய்க்கால்களைப் போன்று காணப்படும் இரத்தப் புரைகளைக் காணலாம். அவற்றின் வழியே இரத்தம் பாய்ந்து எலும்பை ஊட்டுகின்றது. இன்னும், அவ்வெலும்பில் ஏராளமான சிறு சிறு பள்ளங்கள் காணப்படும். அவை ஒவ்வொன்றிலும் ஒவ்வொரு எலும்பு ஸெல் உள்ளது. அவை, ஒன்றுடனென்று தொடர்புள்ளவை; மிகச் சிறிய புரைகளின் வழியே 'வாய்க்கால்'களுடன் தொடர்பானவை.

முறிந்த எலும்பு செப்பனிடப்படும் விதம்.

எலும்புகள் பழுதுபடினும், சீர்ப்படும் இயலினவை. எலும்பு முறிதல், என்பது, சகஜமான விபத்துகளிலொன்று. முறிந்த எலும்பொன்று எப்படி முன்போல் சரியாய்விடுகின்றது என்பதைக் கூறலாம். எலும்பு முறியும்போது, இரத்தப் புரைகள் கிழிபடுகின்றன. அவற்றிலிருந்து இரத்தம் கசிந்து, முறிந்த எலும்பின் ஓரங்களில் கட்டிக் கட்டுகின்றது. சில நாட்களில், எல்லாப் பக்கங்களினின்றும் வரும் ஸெல்கள் அக்கட்டிகளில் பரவுகின்றன; பிறகு, அந்த ஸெல்கள் வளர்கின்றன. வளர்ந்த ஸெல்கள், ஆதியில், சிறு குழந்தைக்கு ஏற்படுவதைப்போலவே, கார்டிலேஜாய் அமைகின்றன. இரத்தக் கட்டிகள் மறைந்துவிடுகின்றன. கார்டிலேஜ் நாளடைவில் பசைபோல் இளகுகின்றது; அவ்வாறு இளகும்போது, அதன் இருபுறங்களிலுமுள்ள முறிந்த எலும்பு நுனிகளை இழுத்துப் பிடித்துக்கொள்கின்றது. பசைபோலுள்ள கார்டிலேஜ், 'மாப்பத்தி' (கால்லஸ்—Callus) எனப்படுகின்றது. முறிந்த எலும்பு நுனிகளை கால்லஸ் பிடித்துக்கொண்டுள்ளபோது, அதன்கீழ்ச் சிரான எலும்புப்பொருள் படிந்து, எலும்பாய்க் கெட்டிப்படுகின்றது. இது, முறிந்த நுனிகளிடை முன்னிருந்த எலும்புப் பகுதியினின்று சற்றேனும் வேறுபடாதவாறு பொருந்துகின்றது. பிறகு கால்லஸை அழிக்கும் ஸெல்கள், அதை நீக்கிக் கழித்துவிடுகின்றன. எலும்பு, அது முறிந்ததற்கு முன்னிருந்தவாறே ஆகின்றது. சுவரொன்று நடுவில் இடிந்துவிழுந்துவிட்டால் நாம் என்ன செய்கிறோம்? சுவர்ப்புறமாய் சாரம் கட்டுகிறோம்; இடிந்த பாகத்தைச் செப்பனிடுகிறோம்; அதைக் கட்டியபின், சாரத்தை எடுத்துவிடுகிறோம். நமது உடலிலும் அம்முறையை யொட்டியே எலும்பு செப்பனிடப்படுகின்றது. கால்லஸால் சாரம் கட்டப்படுகின்றது; எலும்பு சீரானபின் அச்சாரம் எடுபடுகின்றது.

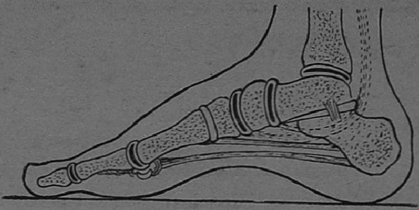


படம் 10. எலும்புக்கூடு

1. வெண்டலை (Skull)
2. உச்சிவர்டிப்ரா (Cervical Vertebra)
3. மேற்சட்டகப்பகுதி வர்டிப்ரா (Upper Thoraic Vertebra)
4. காறையெலும்பு (Calvicle)
5. தோள்பட்டை (Scapula)
6. மார்பெலும்பு (Sternum)
7. மேற்கையெலும்பு (Humerus)
8. கீழ்ச்சட்டகப்பகுதிவர்டிப்ரா (Lower Thoraic Vertebra)
9. பன்னிரண்டாவது விலா யெலும்பு
10. கீழ்ப்புற வர்டிப்ரா (Lumbar Vertebra)
11. கீழ்க்கையெலும்பு (Radius) (1)
12. இடுப்பெலும்பு (Pelvis)
13. கீழ்க்கையெலும்பு (Ulna) (2)
14. முடிவுவர்டிப்ரா (Sacrum)
15. வாற்சின்னம் (Coccyx)

16. மணிக்கட்டு (Carpus)
17. விரல் எலும்புக்கள் (Metacarpus) (1)
18. ,, (2) (Digits)
19. தொடையெலும்பு (Femur)
20. முழங்கால் சிப்பி (Patella)
21. கீழ்க்கால் எலும்பு (1) (Tibia)
22. கீழ்க்கால் எலும்பு (2) (Fibula)
23. காலெலும்புகள்

எலும்புக் கூட்டிலுள்ள எலும்புகள் ஒவ்வொன்றும், அதுவது செய்ய வேண்டிய பணிக்குத் தக்கவாறு அமைக்கப்பட்டவை. காலில் தொடங்கி,



படம் 11. காலெலும்புகள்
புள்ளியிட்டப் பகுதிகள் எலும்புப் பகுதிகள்.

தலைவரை ஏறி, முக்கியமான எலும்புகள் எவ்வாறு பொருந்தியுள்ளன என்பதைக் கவனிக்கலாம். மனிதன் தவிர மற்ற பிராணிகள் எல்லாம் நிமிர்ந்திருப்பவையன்று. அவன் நிற்கும்போது, அவனது பாரம் முழுவதையும், குதிக்காலினின்று விரல்கள் வரை பரவியுள்ள எலும்புகள் தாங்குகின்றன. அவ்வெலும்புகள் எல்லாம் பாலத்தின் வளைவுபோல் பொருந்தியிருக்கின்றன. அவை அவ்வடிவாயமைந்தவாறு விகமண்டுகளால் கட்டப்பட்டவை. முழுப்பாரமும், அவ்வளைவை அழுத்தி நேர்படுத்தும் வகையில் விழுகின்றது. அப்படி அழுத்தியதால், சிலர் சப்பட்டைக் காலினராகின்றனர். இன்னும், மனிதன் சிலமணி நேரமே தொடர்ந்தவாறு நின்றுகொண்டிருக்க முடிகின்றது. அதன்பின் அவன் களைத்துப்போகிறான்; உட்கார விரும்புகிறான். ஆகவே, காலெலும்புகள் அவற்றின் வேலையை மிகச் சிறந்த முறையில் செய்யுமாறு அமையவில்லை என்றே சொல்லவேண்டும். இதற்குத்தக்க காரணம் உண்டு. மனிதன் நிமிர்ந்து நிற்க ஆரம்பித்து ஒரு கோடி ஆண்டுகளுக்கு மேல் ஆகவில்லை. மற்ற பிராணிகளோ, பத்து கோடி ஆண்டுகளுக்கு மேல், நான்கு கால்களால் நடந்து வருகின்றவை. ஆகவே, மனிதன் தனது நிலைமைக்குத்தக்க இசைவுப் பொருத்தத்தை இன்னும் பெறவில்லை.

காலெலும்புகள்.

கணுக்கால் ஏழு எலும்புகளாலானது. அது ஒரு மூட்டு. அம்மூட்டு, காலை எல்லா வாட்டங்களிலும் ஆட்ட இடந்தருவது. கணுக்கால் எலும்புகள்

கெண்டைக்கால் எலும்புகளைத் தாங்குகின்றன. இவை, முன்னுள்ள 'டிபியா, (Tibia)வும், பின்னுள்ள பிப்யுலாவும் (Fibula). பிப்யுலா டிபியாவைவிடச் சிறியது. முழங்கால் மூட்டில், டிபியா, பீமர் (Femur) என்ற தொடையெலும்புடன் சேர்கின்றது. பீமர் பெரும் எலும்புகளில் ஒன்று. அது உடலின் பாரத்தைத் தாங்கிக் கொண்டிருப்பதற்கென அற்புதமாய் உருவாக்கப்பட்ட அமைப்பு.

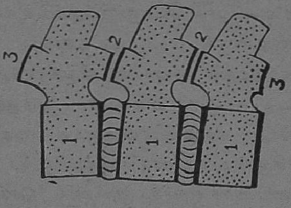
தொடையெலும்பு.

ஆகவே, காலின் எலும்புகள், சுமைதாங்கும் ஆதாரத்தூண்கள் போலவும், நடப்பதற்கும் ஓடுவதற்குமானவாறும், அமைந்துள்ளவை.

பீமர்கள், பெல்விஸ் (Pelvis) என்ற இடுப்பெலும்புடன் பூட்டப்பட்டவை. பெல்விஸ் கிண்ணவடிவான எலும்பு. அதன் பின்புறத்தில், ஸேக்ரம் (Sacrum) என்ற மும்மடக்கெலும்பு ஆப்பு அடித்தாற்போல் இருத்தப்பட்டுள்ளது. ஸேக்ரம் முதுகெலும்புப் பகுதிகள் பலவற்றாலானது. பெல்விஸ், அநேக வலிமை மிக்க தசைகளை (Muscles) ஆவரணம் செய்கின்றது; வயிற்றிலுள்ள முக்கியமான பலபாகங்களைத் தாங்குகின்றது; இன்னும் பல முக்கியமான பாகங்களைத் தாங்குகின்ற முதுகெலும்புக் கோவையின் பாரத்தை ஏற்கின்றது. முதுகெலும்புக்கோவை, என்பது, கார்டிலேஜ் நாணால் இறுக்கிக்கட்டப்பட்ட முப்பத்துமூன்று எலும்பு வளையங்களைக்கொண்ட அடுக்கு. இதுவே, உடலின் மேற்பகுதியின் பளுவைத் தாங்குவது. அதிலுள்ள எலும்பு வளையத்திற்கு, 'வர்டிப்ரா' (Vertebra) என்று பெயர். ஒவ்வொரு வர்டிப்ராவின் பின்பகுதி

இடுப்பின் எலும்புகள்.

முதுகேலும்பு.



படம் 12. முதுகேலும்புக்கோவையாகும் முறை

1. வர்டிப்ராக்கள்
2. சறுக்கும் மூட்டுகள்
3. குருத்தெலும்பு (கார்டிலேஜ்)

புள்ளியிட்டப் பகுதிகள் எலும்புப்பகுதிகள்

யிலும் ஒவ்வொரு வட்டத்துளை உண்டு. வர்டிப்ராக்கள் அடுக்காய் உள்ளபோது, அத்துளைகள் குழாயொன்றுள்ளதைப்போல் நேராய் அமைகின்றன. அக்குழாயினுள், வெரிந்தண்டு (ஸ்பைனல் கார்டு–Spinal cord) என்ற நரம்புத் தண்டு பொருந்தும். மூளையுடன் தொடர்புகொண்ட நரம்புகளில் முக்கிய

மானது அதுவே. நடுவாட்டத்துள்ள பன்னிரண்டு வர்டிப்ராக்களுடன் பழு வெலும்புகள் இருத்தப்பட்டுள்ளன. அவற்றில் பத்து

பழுவெலும்புகள்.

முன்வாட்டமாய் வளைந்துவந்து அங்குள்ள மார்பெலும் புடன் சேர்கின்றன. இப்படியுள்ளதால், அவற்றின் மத்தி யிலுள்ள இடம் பீப்பாயின் உட்பாகம்போலுள்ளது. ஆங்கு நுரையீரல்கள் (Lungs), இருதயம், பெரும் இரத்தக் குழாய்கள் (ஆர்டரிகள்–Arteries) என்ற முக்கியமான உடற்பகுதிகள் இருக்கின்றன. பழுவெலும்புகள் அவற்றைப் பாதுகாக்கின்றன.

தோள்பட்டை, காறை எலும்புகள்.

மேற்கை எலும்புகள், தோள்பட்டை எலும்புகளுடன் பொருத்தப் பட்டவை. ஸ்கேப்யூலா (Scapula) என்ற தோள் பட்டை எலும்பொன்றின் ஒரு நுனி காறையெலும்பு (Collarbone) ஒன்றின் ஒரு நுனியுடனும், மற்றொரு நுனி மேற்கை எலும்பின் ஒரு நுனியுடனும் பொருத்தப் பட்டவை. காறையெலும்பு ஒன்றின் ஒரு நுனி மார்பெலும்புடனும், மற்றொரு நுனி தோள்பட்டை எலும்புடனும் பொருத்தப்படுகின்றன. அவ்வெலும்புகள் அவ்வாறு பொருந்தியிருப்பதினாலேயே, ஒருவன் கீழே விழுந்து கையை ஊன்றி னாலும், காறையெலும்பு முறிகின்றது. கைக்கும் முக்கியமான உடற்பாகத் திற்கும் இடைப்பட்ட எலும்புகளில், காறையெலும்பே மற்றவற்றைவிடக் குறைந்த வலிமையானது. ஆதலின் அது ஒடிகின்றது.

கையெலும்புகள்.

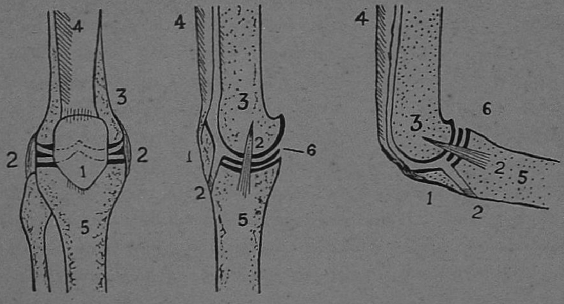
கையெலும்புகளின் அமைப்பு காலெலும்புகளின் அமைப்பை ஒத்ததே. ஹ்யூமரஸ் (Humerus) என்ற மேற்கை எலும்பு, பீமர் என்ற தொடை எலும்பைப்போன்றது. ஆனால் முழங் கையின் மூட்டமைப்பு முழங்காலினதை முழுவதும் ஒத்ததன்று. முழங்கையிலும், முழங்காலிலுள்ளதைப்போன்ற கீல்மூட்டே உள்ளதாயினும், முழங்கையின் அண்மையில் கீழ்க்கை எலும்புகளில் ஒன்று மற்றொன்றின்மீது சரிந்துபோவதற்கு வசதியான சுழியாணியைப்போன்ற பொருந்தல் ஒன்றுண்டு. இப்படியிருப்பதால், நமது முன்கையைப் பின் சரிவா யும் திருப்ப முடிகின்றது. கெண்டைக்காலை முழங்காலைச்சுற்றி அப்படித் திருப்பமுடியாது. கீழ்க்கை எலும்புகள், ரேடியஸ் (Radius), அல்னா (Ulna) எனப்படும் இருவெலும்புகள். மணிக்கட்டுக்கும் கணுக்காலுக்கும் அதிக வேற்றுமை இல்லை. பாதவெலும்புகளும் பொத்துக்கை எலும்புகளும் ஒரே வகையினவை. ஆனால் அவற்றின் மூட்டுப் பொருந்த வகைகள் ஒத்தவை அன்று. பொத்துக்கை எலும்புகள் கீல்மூட்டுகளுடன் பலவாட்டங்களிலும் அசைவதற்கு ஏற்றபடி பொருத்தப்பட்டவை; பாதவெலும்புகள் சுமைதாங்கி களாய் இருப்பதற்கேற்ப, லிகமண்டுகளால் உறுதியாய்ப் பிணைத்துக் கட்டப் பட்டவை. பொதுவாக, கையும் காலும் ஒரே அமைப்பு முறையையொட்டி யுள்ளவையாயினும், எல்லா வாட்டங்களிலும் சரளமாய் அசைவதற்கு நன்கு இடந்தரும் வழியில் கையின் அமைப்புத் திருந்தியுள்ளது; தடுமாற்றமின்றி ஊன்றி நிலைத்து வலிமையுடன் பாரத்தைத் தாங்குவதற்கானவாறு காலின் அமைப்பு சிறந்துள்ளது.

தலைஎலும்புகள்.

மற்ற எல்லாவற்றிற்கும் மேல் இருக்கின்ற வர்டீப்ரா, மண்டையோட்டுடன் பூட்டப்பட்டுள்ளது. அவற்றிடை ஒரு மூட்டு உண்டு. கீழ்த்தாடை எலும்பு மண்டையோட்டுடன் பொருந்துகின்றது. அவற்றிடை கீல்மூட்டுப் பொருத்தம் உள்ளது. மண்டையோடு இருபத்திரண்டு எலும்புகளைக்கொண்டது. அவை அசையமுடியாதபடி ஒன்றுடனொன்று இருத்தப்பட்டவை. அவை, மேல்தாடை, மூக்கு, க்ரேனியம் (Cranium) என்ற மூளைமூடி, என்றவற்றின் எலும்புகள். க்ரேனியம் மெல்லிய தகடுகளாலானது. மிகவும் முக்கிய பாகமான மூளையைப் பாதுகாக்கும் கவசம், வலிமை குறைந்த தகடாயுள்ளது. இடறிவிழுந்தாலோ, பலமான அடிபட்டாலோ அது உடைபடக்கூடியது. மற்ற பிராணிகளில், மூளை சிறிதாயினும், அதை அரண்செய்யும் எலும்புகள் திடமானவை. மனிதனின் மூளைக்குத் திடமான பெட்டி இல்லாததற்குக் காரணம், அவன் மற்ற பிராணிகள் உண்டானதற்கு நெடுங்காலத்தின் பிறகே சிறத்து தோன்றினன், என்பதே. அவன் மூளை பெரிதாயிற்று. மூளைப்பெட்டியை பலப்படுத்துவதற்கான காலம் இன்னும் வரவில்லை.

மூட்டுகள்.

அடுத்ததாக, மூட்டுக்களைப்பற்றிக் கவனிக்கலாம். மூட்டுக்கள் அற்புதமான பொருந்தல்கள். அவை வலிவானவை. எலும்பு முறிதல் சகஜம்; ஆனால், மூட்டுக்கழலுதல் அரிது. ஒருவனின் ஆயுட்கால முழுவதும், அதாவது, அறுபது-எழுபது ஆண்டுகள் அவை பழுதுபடாமல் பசை வழுக்குடன் தம் பணியாற்றுகின்றன. மூட்டிலுள்ள எலும்புப் பொருத்தம் பின்வருமாறும். இரு எலும்புகளின் நுனிகள் முறையே, ஒன்று மற்றொன்றுடன் பொருந்துமாறு உரு



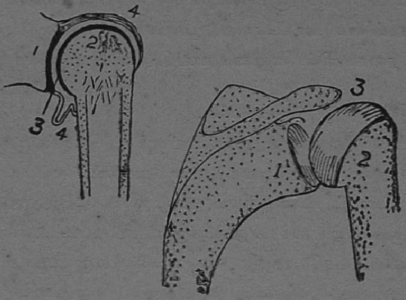
படம் 13—15. முழங்கால் மூட்டு

1. சிப்பி
2. கட்டுநாண்கள் (Ligaments)
3. தொடையெலும்பு
4. தசை
5. கீழ்க்காலெலும்புகள்
6. ஓரக்குருத்தெலும்பு (Lining Cartilage)

புள்ளியிட்ட பகுதிகள் எலும்புப் பகுதிகள்

வாக்கப்பட்டவை. அவற்றின் மேற்பரப்பில் கார்டிலேஜ் நார்கள் பாவியிருக்கும். மூட்டு, திடமான பையொன்றிலிருக்கும். அப்பைக்குள் எலும்பு நுனிகள் வருகின்றன ; ஆங்கு, அவை அசையமுடியும். இப்பையும் மேற்பரப்பில் பாவியுள்ள கார்டிலேஜ் நார்களும், எலும்புகள் பிரிந்துவிடாதபடி பிடித்துக்கொள்கின்றன. அப்பையின் பக்கங்களினின்று ஒருவகையான பசை ஊறுகின்றது.

மூட்டுக்களில் பலவகைகள் உண்டு. அவற்றில் முக்கியமானவை, குடைக்கல் மூட்டு (Ball and Socket Joint), கீல் மூட்டு (Hinge Joint) எனப்படுபவை. தோள்பட்டை எலும்பும் மேற்கை எலும்பும், குடைக்கல் வகை மூட்டால் பொருத்தப்பட்டவை. இடுப்பில் தொடை எலும்பு இவ்வகையிலேயே பொருந்துகின்றது. இவ்வகை மூட்டுக்கள், அங்கங்களை எல்லா வாட்டங்களிலும் ஆட்ட இடந்தருகின்றன. முழங்கையிலும் முழங்காலிலும் கைவிரலிலும் உள்ளவை, கீல் மூட்டுக்கள். கீல்மூட்டுக்கள் ஒரு வாட்டத்தில் அசையவே விடுகின்றன.



படம் 16—17. தோள்மூட்டு

1. தோள்பட்டை (Scapula)
2. தோளெலும்பு (Humerus)
3. ஓரக்குருத்தெலும்பு (Lining Cartilage)
4. கட்டுநாண்கள் (Ligaments)

புள்ளியிட்ட பகுதிகள் எலும்புப் பகுதிகள்

தசைகள் எலும்புகளை இயக்கல்

தசைகளால் இழுக்கப்படுவதால் எலும்புகள் அசைகின்றன. தசைகள், எலும்புகளை இழுக்க இயலுமேயன்றி, தள்ள இயலாது. தசையொன்று சுருங்குவதையொட்டி அதனுடன் தொடர்பான எலும்பொன்று இழுக்கப்படுகின்றது. தசையொன்று ஓரெலும்பை இழுக்கும்போது, அவ்வெலும்பு ஒரு வாட்டத்தில் நகர்கின்றது ; அவ்வெலும்பு அதன் முன் நிலைமைக்கே வரவேண்டுமாயின், எதிர்வாட்டத்தில் மற்றொரு தசையால் அது இழுக்கப்படவேண்டும். ஆதலின், ஒவ்வொரு முழுமையான

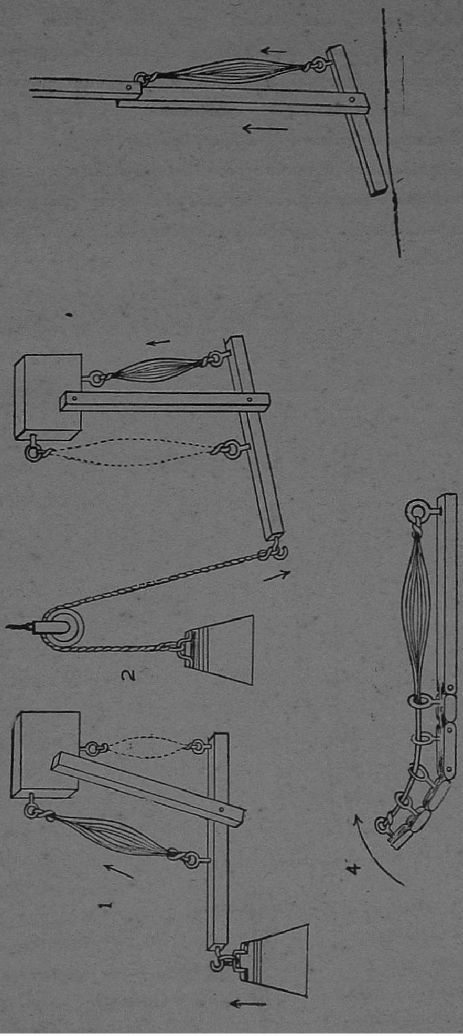
அசைவும் இரண்டு தசைகளைக்கொண்டே நிகழ்கின்றது. உடலை நோக்கி வருமாறு இயக்கும் தசைக்கு, 'அணவலயரி' (அட்டக்டார்-Adductor) என்றும், உடலினின்று எட்டப்போகுமாறு இயக்கும் தசைக்கு, தணத்தலயரி (அப்டக்டார்-Abductor) என்றும் பெயர். தசையொன்று சுருங்கும்போது, அதன் பருமன் குறைவதில்லை; அதன் வடிவமே மாறுகின்றது.

தசைகள் வேலைசெய்யும் முறை

தசை ஒன்று சுருங்குகின்றது. அப்பொழுது அது ஒரு எலும்பை இழுக்கின்றது. தசை சுருங்கும்போது, அது சிறிது தூரமே நகர்கின்றது; ஆனால் மிக்க வலிமையுடன் நகர்கின்றது. அதனால் அசைக்கப்படும் எலும்பு அதிக தூரம் வலிமையுடன் நகர்கின்றது. தசைகள் ஓரிடத்தில் சிறிது தூரத்திற்குப் பிரயோகிக்கும் வலிமை, மற்றோரிடத்தில் அதிக தூரத்திற்குக் குறைந்த வலிமை பிரயோகிக்கப்படுமாறான வகையில், எலும்புகளும், மூட்டுகளும், தசைகளும், முறையே பொருத்தப் பட்டுள்ளன. இவ்வாறிருப்பதினாலேயே, நமது கையின் தசைகளது வலிமையை பிரயோகித்து, நாம் கைகளைக்கொண்டு பலவாறான வேலைகளைச் செய்கிறோம். கால்களிலுள்ள தசைகளின் வலிமையைக்கொண்டு, காலைத் தூக்கிவைத்து, நடக்கிறோம்.

இனி, கையால் ஒரு வஸ்துவைப் பிடித்துக்கொண்டு, கையை மேலே தூக்கும்போது, அதைத் தூக்குவதற்கான வலிமை எப்படி பிரயோகிக்கப் படுகின்றது என்பதைப் பார்க்கலாம். பைஸப்ஸ் (Biceps) என்ற தசை தோள்பட்டைக்கும் கீழ்க் கை எலும்புக்கும் கட்டப்பட்டுள்ள தசை. அது சுருங்கி வலிமையைப் பிரயோகித்து, கை மேலே எழும்புமாறு செய்கின்றது. அப்பொழுது, தசையின் வலிமை கையிலுள்ள வஸ்துவை மேலே தூக்குவதற்கான வலிமையைத் தருகின்றது. ட்ரைஸெப்ஸ் (Triceps) என்ற தசை சுருங்கும்போது, முன்கை கீழ்நோக்கி இறங்கும். அப்படி இறங்கும்போது, கிணற்றுப்பூட்டையில் மாட்டப்பட்டுள்ள கயிற்றைக் கீழ்நோக்கி இழுக்கலாம். 'ட்ரைஸெப்ஸ்' தசை முழங்கை மூட்டுக்குச் சற்றுமேலே கீழ்கை எலும்புடன் பொருந்துகின்றது. அது சுருங்கி, நாம் வேலைசெய்யும்போது முழங்கை மூட்டை நிலைப்பாய் வைத்துக்கொண்டிருக்கிறோம்; அதற்கு ஒரு வாட்டத்தில் தசையின் வலிமை பிரயோகிக்கப்படுகின்றது; மற்றொரு வாட்டத்தில் அவ் வலிமை உபயோகிக்கப்படுகின்றது. நிலத்தில் சற்றுப் புதைந்துள்ள பெருங்கல் ஒன்றை, பாரையைக்கொண்டு பெயர்க்கும்போது, 'டிரைஸெப்ஸ்' தசை வேலைசெய்யும் முறையையோட்டியே, நாம் வேலை செய்கிறோம். புதைந்துள்ள பெருங்கல்லுக்குச் சற்றுமுன் ஒரு சிறு கல்லை வைக்கிறோம்; பாரையின் நுனியைப் பெருங்கல்லினடியில் வைத்து, அதைச் சிறுகல்லின்மீது சாய்க்

கிறோம். பிறகு, பாறையின் மற்றொரு நுனியை நமது பலத்தைக்கொண்டு அழுத்துகிறோம்; பெருங்கல் பெயர்க்கப்படுகின்றது. சிறு கல், முழங்கை



படம் 18—21

கொம்புகோல் முறையையொட்டி தசைகள் வேலை செய்தல்.

1. மேற்கை முன்தசை (Biceps) 2. மேற்கை பின் தசை (Triceps)
3. கால் தசை (Calf) 4. விரல் தசை.

மூட்டைப்போல் கிலேப்பாயுள்ளது. அதன் ஒரு வாட்டத்தில் நமது பலம் பிரயோகிக்கப்படுவதைப்போல் ட்ரைஸெப்ஸ் தசையின் வலிமை பிரயோகிக்கப் படுகிறது; அதன் மற்றொரு வாட்டத்தில் நமது பலம் கல்லைப் பெயர்க்க உபயோகிக்கப்படுவதைப்போல், 'ட்ரைஸெப்ஸ்' தசையின் வலிமை கையி லுள்ள கயிற்றை பிழுக்க உபயோகிக்கப்படுகிறது. பாரை, பெருங்கல்லை நெம்பும் சாதனமானமையின், அது, நெம்புகோல் (லீவர்-Lever) எனப்படு கின்றது. ஓரிடத்தில் பிரயோகிக்கப்படும் வலிமையை மற்றோரிடத்தில் உபயோகப்படுமாறு செய்யும் சாதனமாய் 'நெம்புகோல்' உள்ளது. நமது உடலில், பைஸப்ஸ்-ட்ரைஸெப்ஸ் முதலான தசைகள் நெம்புகோற் சாதன முறையையொட்டியே வேலை செய்கின்றன. நெம்புகோற் சாதன முறையைப் பற்றி பிறகு விரிவாய்க் கூறுவோம். இப்பொழுது தசைகளைப்பற்றின மற்ற பல விஷயங்களைக் கூறலாம்.

படம் 22—முக்கிய தசைகள்.

1, 2. கழுத்துத் தசைகள்.
3. வயிற்றுத் தசைகள்.
4. தொடை முன்புறத் தசைகள்.
5. கால் முன்புறத்தசைகள்,
6. கால் பின்புறத் தசைகள்.
7. தொடை பின்புறத் தசைகள்.
8. முதுகெலும்புத் தொடர்புத் தசைகள்,

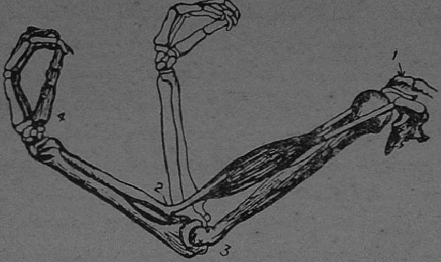
சும்மாயிருக்கும் போது தசைகளின் நிலைமை.

நமது தசைகள், நாம் ஓடவும் ஆடவும், வேலைசெய்யவும் மட்டுமே உபயோகப்படுபவை அன்று; சும்மாயிருக்கவும் அவையே உதவுகின்றன. இறந்த ஒருவனின் தசைகள் சுருங்கவும், பிறகு மீளவும் இயலாதவை; பிணம் உட்காரவும் நிற்கவும் முடியாது. நாம் சும்மா உட்கார்ந்திருக்கும் போதும், நின்றுகொண்டிருக்கும்போதும், நமது தசைகள் நேர்-எதிரான வாட்டங்களில் இழுத்துக்கொண்டிருப்பதினாலேயே, நிலைகுலையாதுள்ளோம். கம்பமொன்றில், பல கயிறுகளைக்கட்டி, அவற்றைப் பல திக்குகளாய் இழுத்துப் பிடித்து முளைகளுக்குக் கட்டி, கம்பத்தை நிறுத்துகிறான், கூத்தாடி. அதைப்போலவே, தசைகள் பலவாட்டங்களிலும் இழுத்துப் பிடித்து, நம்மை இருத்துகின்றன. நமது தலையைக் கவனிப்போம்; விழித்திருக்கும்போது தலை நிமிர்ந்துள்ளது; தூக்கம் வந்தால் தலை ஆடுகிறது; மூர்ச்சையாகும்போது தலை சாய்கின்றது. விழித்துக்கொண்டிருக்கும்போது, பல தசைத்தொகுதிகள், தலையை இழுத்துப்பிடித்து நிமிர்த்துகின்றன. சில கழுத்தின் பின்னுள்ள வர்டிப்ராவினின்று தலையின் பின்வரை அமைந்துள்ளவை. அவை தலையைப் பின்புறமாய் இழுக்கின்றன. சில இடுப்பின் பின்னிருந்து தலையின் முன்வரை நீண்டுள்ளவை; அவை தலையை முன்னே இழுக்கின்றன. பல பெரும் தசைத்தொகுதிகள் தலையைப் பக்கவாட்டங்களில் இழுக்கின்றன. அநேகமாக, மனிதன் உட்பட, எல்லாப் பிராணிகளின் தலைகளும் முன்புறமாய்ச் சாயும் போக்குடையவை. முழங்காலுக்கு மேலுள்ள உடற்பகுதிகள் எல்லாம் குப்புறவிழும் போக்குடையவை. ஆதலின் பின்புறமாய் இழுக்கின்ற தசைகளின் தொகை, முன்புறமாய் இழுக்கின்றவற்றைவிடக் குறைந்தது. ஆயினும் பின்புறமாய் இழுக்கின்றவை முன்புறமாய் இழுக்கின்றவற்றைவிட அதிக வலிவானவை. முழங்கால் மூட்டைப் பாருங்கள்; சற்றுத் தடுமாறினால் முழங்கால் மடங்கி முன்னே சாய்கிறோம்; சாய்ந்துவிழுந்துவிடாதபடி, தொடை யெலும்புக்கும் கெண்டை யெலும்புக்கும் கட்டுப்பட்டுள்ள தசை, முழங்காற் சிப்பியை, மூட்டின் நேராய் வருமாறு இழுக்கின்றது. அதனால் மூட்டு முன்நோக்கி வருதல் தடைப்படுகின்றது; காலும் நன்றாய் மடக்கப் படாது நின்று விடும். மூட்டு பின் நோக்கி நகர இயலாது; எனவே, காலை முன் வாட்டமாய் நீட்டி முழங்காலை மடக்க முடியாது. முதுகெலும்பைக் கவனிப்போம். பெருந் தசையொன்று இடுப்பிலிருந்து கழுத்துவரையுள்ளது. அது பின்வாட்டமாய் இருக்கின்றது. வயிற்றுத் தசைகளும் உடலின் கனமும் முன்னே சாய்க்கின்றன.

தசைகளின் அலுவல்கள்

எலும்புகளை ஆட்டுகின்ற தசைகளைத் தவிர, வேறுபல அலுவல்களைச் செய்கின்ற தசைகளும் உண்டு. உணவை விழுங்குதல்-வயிற்றில் அதைக் கடைதல்-குடலில் அதைக் கசக்கிப் பிழிதல்-கிரந்திகளினின்று சாறுகளை வடித்தல்-என்ற காரியங்களும் இன்னும் பலவும், அவ்வப்பணிக்கென்றான

தசைகளால் செய்யப்படுகின்றன. இருதயம் துடிதுடித்துக்கொண்டிருப்பதும், நுரையீரல்கள் மூச்சுவிட்டுக்கொண்டிருத்தலும் அவ்வவ்வுறுப்பின்பாற்பட்ட



படம் 23—கையைத் தூக்கல்.

1. பைஸப்ஸின் கீழ்நுனி
2. கீழ்க் கையெலும்புடன் (Radius) அது பொருந்தல்
3. முழங்கை மூட்டு
4. மணிக்கட்டு

தசைகள் சுருங்கி மீள்வதினாலேயேயாம். உடலில் நடைபெறும் அசைவுகள் எல்லாம், தசைகளின் மூலம் ஏற்படுபவையே.

தசைகள் வேலைசெய்யும் முறையில் மர்மம் ஒன்றுமில்லை, ஆனால் தசையின் உள்ளமைப்பைப்பற்றித் தெளிவாய் ஒன்றும் அறியப்படவில்லை. தசையொன்று வேலை செய்ய, அதற்கு உணவும் நீரும் காற்றும் அளிக்கவேண்டும் என்று நமக்குத்தெரியும். அவ்வுணவு எவ்வகையினது எனவும், அது ரஸாயன மாற்றமான பிறகு ஏற்படும் கசடுகள் எவ்வகையானவை எனவும் அறியப்பட்டுள்ளன. தசை சுருங்குவதற்குக் காரணம் என்ன என்பதை அறிவோம்.

தசையினுள் நடைபெறும் மர்மம்

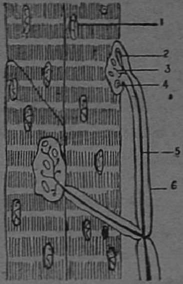
பார்வைக்குத் தசைநார் எப்படி இருக்கும் என்பதைக் காணலாம். அதற்கு மேல் அறிய அனுமானத்தைத் தவிர வேறு வழி இதுவரை கண்டுபிடிக்கப்படவில்லை. 'தசைநார்' என்ற மானிட எஞ்சினுக்குள் என்ன காரியம் நடைபெறுகின்றது? காற்றையும் உணவையும் உட்கொண்டு, அவற்றினின்று வேலை செய்யும் சக்தியையும் சூட்டையும் தரும்பொருட்டு அத்தசைநாரினுள் நடந்தேறும் தெரியற்செய்கையியலான கிரல் (Scientific Process) என்ன? என்ற வினாக்களுக்கு இதுகாறும் விடைகள் கண்டுபிடிக்கப்படவில்லை.

தசை ஒரேவாட்டத்தில் ஓடுகின்ற பல தசைநார்களாலானது. அது சுருங்கும்போது அதன் பருமன் மாறுவதில்லை; வடிவம் மட்டுமே மாறுகின்றது. மைக்ராஸ்கோப்பின் வழியே அதை நோக்கினால், கோடிக்கணக்கான தசை ஸெல்களைக் காணலாம். அவை கதிர் வடிவானவை. ஒவ்வொரு ஸெல்லிலும் ஒவ்வொரு நரம்பு நார் உள்ளது. ஒவ்வொரு ஸெல்லுக்கும் இரத்தம் செல்வதற்கான இரத்தப் புரைகள் உள்ளன.

தசைகளில் முக்கியமாக இருவகைகள் உண்டு. அவை நமது விருப்பத்திற்கு இணங்கியவை அல்லது வாலண்டரி (Voluntary) என்றவையும், தாமாகவே வேலை செய்கின்ற இன்வாலண்டரி (Involuntary) என்றவையுமாம்.

தசை வகைகள்

கை, கால், முதலான அவயவங்களிலுள்ளவை, வாலண்டரி தசைகள். அவற்றிற்கு நம் விருப்பம் மூளையினின்று நரம்புநார்கள் மூலம் அறிவிக்கப்படும்.



படம் 24

தசைகள் நரம்புகளால் இயக்கப்படும் முறை.

1. தசை ஸெல்லின் நியூக்ளியஸ்
2. இரட்டு முடிவு உறுப்பு
3. நரம்பு முடிவு
4. தசை ஸெல்லின் நியூக்ளியஸ்
5. நரம்புநார்
6. நரம்பு உறை

இருதயம், நுரையீரல், குடல் முதலான உறுப்புக்களிலுள்ளவை இன்வாலண்டரி தசைகள். அவை, மூளையினின்று நரம்பு மூலம் செய்தி அனுப்பப்படாமலே, வேலை செய்கின்றவை.

தசைகள் தரும் வலிமை நெம்புகோல் முறையையொட்டி வேலை செய்ய உபயோகப்படுகின்றது, என, மேலே கூறினோம். அந்நெம்புகோல் முறையைப் பற்றி மேலும் கவனிக்கலாம். பாரையை நெம்புகோலாய் உபயோகிக்கும் விதத்தைப்பற்றியும் கூறினோம். இப்படியே, நெம்புகோல் முறை பலவற்றில் கையாளப்படுகின்றது. உலுக்கு மரம் போட்டு, தேரை நிலைவிட்டுக் கிளப்பும்போது, நெம்புகோல் முறையையொட்டியே வலிமை பிரயோகிக்கப்படுகின்றது. கத்தரிக்கோலால், துணியையாவது காகிதத்தையாவது வெட்டும்போது, விரல்களை ஓரிடத்தில் அழுத்துகிறோம்; மற்றோரிடத்தில் அவ்வஸ்து துண்டிக்கப்படுகின்றது. வெட்டுக் குறடால் கம்பியை வெட்டும்போதும், ஓரிடத்தில் பிரயோகிக்கப்படும் வலிமை மற்றோரிடத்தில் உபயோகப்படுகின்றது. ஆணி பிடுங்கும் சுத்தியால் ஆணி ஒன்றைப் பிடுங்குவதற்கு, சுத்தியின் கைப்பிடியை அழுத்துகிறோம். பாக்கு வெட்டியால் எதையாவது உடைக்கும்போதும் இம்முறையையே அனுசரிக்கிறோம். அடுப்புக் குறடைக்கொண்டு நெருப்பைப்பிடித்துத் தூக்குகிறோம். மிகச்சிறு வஸ்துக்களை

நெம்புகோலியல் சாதனங்கள் சில.

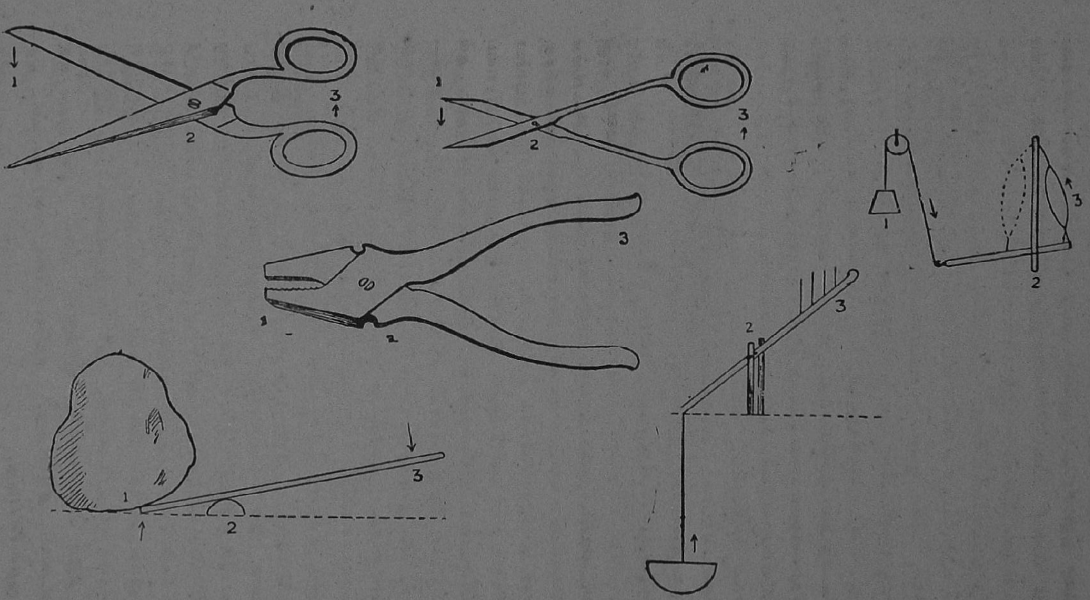
நாசுக்காய்ப் பிடித்துக்கொள்வதற்கு சாமணத்தை உபயோகிக்கிறோம். ஏற்ற மரத்தினால் தண்ணீர் இறைக்கிறோம். அதற்காக, ஏற்றமரம் ஓர் உயரமான மரக்கட்டையின் கவையில் வைக்கப்படுகிறது; ஏற்ற மரத்தின் ஒரு நுனியில் நீர் இறைக்கும் சால் கட்டப்படுகின்றது; மற்றொரு வாட்டத்தில், பலர் ஏறி மிதித்துத் தம் வலிமையைப் பிரயோகிக்கின்றனர். ஏற்றமரம், நெம்புகோலாய் உபயோகப்படுகின்றது. தராசு, நெம்புகோல் முறையையொட்டிய கருவி. தராசுத்தட்டு ஒன்றில் நிறுக்கப்படவேண்டிய சாமானை வைக்கிறோம்; மற்றொரு தட்டில் எடைக்கற்களைப் போடுகிறோம். எடைக்கற்களைப் போடாவிட்டால், சாமானுள்ள தட்டு கீழே இறங்கும். அதாவது, அச்சாமானின் கனத்தாலான வலிமை அத்தட்டைத் தாழ்த்துகின்றது. எடைக்கற்களின் கனத்தாலான வலிமை, அத்தட்டு தாழாதபடி சீர் தூக்கி நிறுத்துகின்றது. ஆகவே, எடைக் கற்களின் வலிமை பிரயோகிக்கப்பட்டு, சாமான் தட்டு கீழே இறங்காதபடி தடுக்கின்ற வலிமையாய் உபயோகப்படுகின்றது.

நெம்புகோற் சாதனங்களின் பொது இலக்ஷணங்கள்.

இனி, நெம்புகோல் முறையை யொட்டியவை எல்லாவற்றினுக்கும் பொதுவான இலக்ஷணங்கள் எவை என்பதைக்கவனிக்கலாம். எல்லாவற்றிலும் ஓரிடம் முளை அடித்தாற்போல் நிலையாயுள்ளது. நமது உடலில் முழங்கை மூட்டு போன்றவை அப்படி இருப்பவை. சாமணம், குறடு, தராசு, கத்தரிக்கோல் முதலானவற்றிலும் நிலையாயுள்ள இடமொன்றுள்ளது. அவ்வாறு நிலைப்பான பகுதிக்கு, 'நிலையி' (பல்க்ரம்—Fulcrum) என்று பெயர். எல்லாவற்றிலும், 'பிரயோகிக்கப்படும் வலிமை' என்றது உண்டு. இது 'விசை' (பவர்—Power) எனப் படுகின்றது. அவ்விசை பிரயோகிக்கப்படும் இடம் என்றது, உண்டு. அவ்விடத்திற்கும் நிலையியுக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் 'விசைக்கை' (பவர் ஆர்ம்—Power Arm) எனப்படும். உபயோகிக்கப்படும் வலிமை' என்றது உண்டு. அதற்கு 'எதிரெடை' (ரெஸிஸ்டன்ஸ்—Resistance) என்று பெயர். அது உபயோகப்படும் இடத்திற்கும் நிலையியுக்கும் இடைப்பட்ட தூரம், 'எதிரெடைக்கை' (Resistance arm) எனப்படும். ஆகவே, நெம்புகோற் சாதனங்கள் எல்லாவற்றிலும், 'நிலையி,' 'விசை,' 'எதிரெடை' என்றவையும் அவற்றிற்கான இடங்களும் உண்டு.

நெம்புகோல் வகைகள்.

இப்பொழுது, பலவகை நெம்புகோற்களிடையுள்ள வேற்றுமைகள் எவை என்பதைக் கவனிக்கலாம். எல்லா நெம்புகோற் சாதனங்களிலும் மூன்று முக்கியமான இடங்கள் உண்டு என, மேலே கூறினோம். அவற்றில் எதுவாவது ஒன்று மற்ற இரண்டினிடையில் இருக்கலாம். அதாவது, 'நிலையி' இடையிலும், 'எதிரெடை'யும் 'விசை'யும் நுனிகளிலுமாய் இருக்கலாம்; 'எதிரெடை' இடையிலும், விசையும் நிலையியும் நுனிகளிலுமாய் இருக்கலாம்; அன்றி, 'விசை' இடையிலும், எதிரெடையும் நிலையியும் நுனிகளிலுமாய் இருக்கலாம். இவ்வேற்றுமையையொட்டி, நெம்புகோல்களில் மூன்று தினுசுகள் உண்டு. முதலாவது தினுசில், 'நிலையி' இடையிலிருக்கும்.

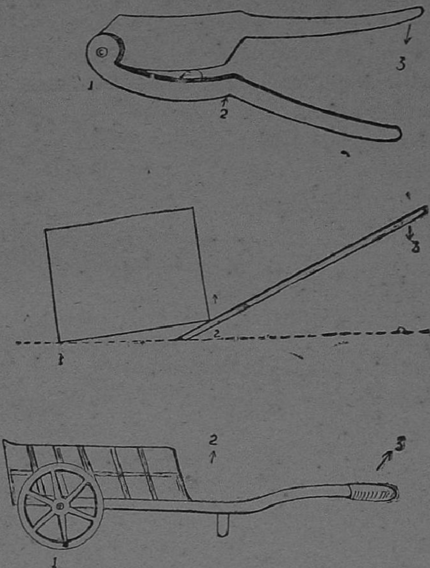


படம் 25—29 முதல்தினுசு நெம்புகோல்கள்—(Levers of the Firstorder)

1. எதிரெடை (Resistance) 2. நிலையி (Fulcrum) 3. விசை (Power)

நமது கை கீழே இறங்குவதற்காக, ட்ரைஸெப்ஸ் தசை வேலை செய்வது, முதல் தினுசை அனுசரித்தே. முழங்கை மூட்டு, 'நிலையி;' ட்ரைஸெப்ஸ் தசை தரும் வலிமை, 'விசை'; கையால் இழுக்கப்படுவது 'எதிரெடை.' ட்ரைஸெப்ஸ் தசை முழங்கை மூட்டுக்குப் பின்புறமாய் உள்ளது; கை இழுக்கும் வஸ்து முன்புறமாய் உள்ளது. கத்தரிக்கோல்,வெட்டுக்குறடு, தராசு, ஏற்றமரம், உலுக்குமரம் என்றவை எல்லாம் முதல் தினுசு நெம்புகோல்கள். இத்தினுசில், 'விசை வலிமை' 'எதிரெடை வலிமையை'விட அதிகமாகவோ, குறைவாகவோ, அன்றி அதற்கு நிகராகவோ இருக்கலாம். ட்ரைஸெப்ஸ் தசை 'விசை' யாயுள்ளபோது, அது, 'எதிரெடை' வலிமையை விடப் பன்மடங்கு அதிக வலிமையானது. தராசில், 'விசையும்' 'எதிரெடையும்' நிகர்த்த வலிமையினவை. வெட்டுக்குறடு, ஏற்றமரம், உலுக்குமரம், என்றவற்றில், 'விசை' வலிமை, 'எதிரெடை' வலிமையை விடக்குறைந்தது. கத்தரிக்கோலில் 'எதிரெடை' வைக்கப்படும் இடத்தைப்பொறுத்து, விசையின் வலிமை, 'எதிரெடை' வலிமையைவிடக் குறைந்தோ, அதிகமாகவோ, அன்றி அதற்கு நிகராகவோ இருக்கலாம். கத்தரிக்கோலின் நுனிவாட்டத்தில், துணியோ காகிதமோ இருப்பின், 'விசை' எதிரெடையைவிட அதிகமாயிருக்கும். கத்தரிக்கப்படுபவை அச்சாணியின் கிட்ட இருந்தால் 'விசை' 'எதிரெடை' யைவிடக் குறைந்திருக்கும். அதனால்தான், தடிப்பான அட்டை, தகரம் முதலானவற்றை வெட்ட, அவற்றை அச்சாணியின் அருகில் வைக்கிறோம். காகிதம், துணி முதலானவற்றை நாசுக்காய்க் கத்தரிக்கும்போது, அவற்றை நுனிவாட்டத்தில் வைக்கிறோம். இன்னும், இத்தினுசான நெம்புகோலில், எதிரெடைக்கை, விசைக்கையைவிட நீண்டோ, குட்டையாகவோ, அன்றி அதற்கு நிகராகவே இருக்கலாம். கத்தரிக்கோலில் மூன்று விதமாகவும் இருக்கலாம். வெட்டுக்குறடு—போன்றவற்றில் விசைக்கை எதிரெடைக்கையைவிட நீளமாயிருக்கும். ட்ரைஸெப்ஸ் தசை விசையாயுள்ளபோது, விசைக்கை எதிரெடைக்கையைவிடக் குட்டையாயிருக்கும். இரண்டாம் தினுசு நெம்புகோலில், 'எதிரெடை' இடையிலும், விசையும் நிலையியும் நுனிவாட்டங்களிலும் இருக்கும். பாக்குவெட்டி, பழம்பிழியும் அச்சு, முதலானவை இத்தினுசானவை. இவற்றில் 'விசைக்கை' 'எதிரெடைக்கை' யைவிட எப்போதும் நீளமாகவே இருக்கும். 'விசை' இடையிலும், 'எதிரெடை' யும் 'நிலையி'யும் நுனிவாட்டங்களிலுமுள்ள நெம்புகோற்கள், மூன்றும் தினுசானவை. பைஸெப்ஸ் தசை வேலை செய்வது, இத்தினுசையொட்டியே. முழங்கை மூட்டுக்குச் சற்று முன்னுள்ள இடத்தில் தசையின் நுனி கட்டப்பட்டுள்ளது. 'எதிரெடை' உள்ளங்கை வாட்டத்திலுள்ளது. அடுப்புக்குறடு, சாமணம்—போன்றவை மூன்றும் தினுசு நெம்புகோற்கள். இத்தினுசில் 'விசை' எப்பொழுதும் எதிரெடையைவிட அதிகமானது. எதிரெடைக்கை, விசைக்கையைவிட எப்பொழுதும் நீளமானது.

இனி, நெம்புகோலொன்றில், 'எதிரெடை,' 'விசை,' 'எதிரெடைக்கை,' 'விசைக்கை' என்றவற்றை அளவிட்டு, அவற்றின் அளவை ரீதியான (குவாண்டிடேடிவ்-Quantitative) தொடர்பு என்ன என்பதைச் சோதனை செய்யலாம். அச்சோதனை பின்வருமாறு செய்யப்படும். ஒரு கெஜக்கோலை



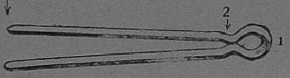
படம் 31—33 இரண்டாம் தினுசு நெம்புகோல்கள்.
(Levers of the Second order)

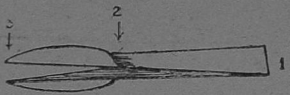
1. நிலையி (Fulcrum) 2. எதிரெடை (Resistance) 3. விசை (Power)

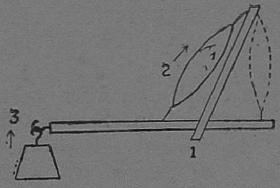
எடுத்துக்கொண்டு, அதன் சரி நடுவில் ஒரு கயிற்றின் நுனியொன்றைக் கட்டுவோம். அக்கயிற்றின் மற்றொரு நுனியை மேலேயுள்ள கொக்கியில் மாட்டிக் கட்டுவோம். அப்பொழுது கெஜக்கோல் கயிற்றால் தொங்கவிடப் பட்டிருக்கும். அக்கயிறு, அதன் சரிநடுவில் கட்டப் பட்டிருப்பதால், கெஜக்கோல் மேலுங் கீழுமாய்ச் சாய்ந்திராமல், சரிசமனாய்த் தொங்கும். அதன் நடுவினின்று சற்று தூரத்தில், ஒரு வாட்டத்தில் 2 வீசைப் படிக்கல் ஒன்றைக் கட்டித் தொங்கவிடுவோம். அவ்வாட்டத்தில் கெஜக்கோல் கீழ்நோக்கிச் சாயும். அப்படித் தாழாதபடி, அதன் மற்றவாட்டத்தில், நடுவினின்று சற்று தூரத்தில், 1வீசைப் படிக்கல் ஒன்

நெம்புகோலில், 'எதிரெடை' 'எதிரெடைக்கை' 'விசை' 'விசைக்கை' என்றவற்றிடையுள்ள அளவைத் தொடர்பு.

றைக் கட்டித் தொங்கவிடுவோம். 1 வீசைப் படிக்கல்லின் கயிற்றைநடுவினின்று கொஞ்சம்கொஞ்சமாய் நகர்த்திக்கொண்டு வந்தால், அது கெஜக்கோலின் ஓரிடத்திற்கு வரும்போது, கெஜக்கோல் சரி சமனாய் நிற்கும். கெஜக்கோலை, நாம் ஒரு நெம்புகோலெனக் கருதலாம். அதுநடுவில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள இடம், 'நிலையி'; 2 வீசைப் படிக்கல், 'எதிரெடை'; 1வீசைப் படிக்கல், 'விசை'; நடுவினின்று, 2வீசைப் படிக்கல் தொங்கும் இடம் உள்ளதூரம் 'எதிரெடைக்கை'; நடுவினின்று 1 வீசைப் படிக்கல் தொங்குமிடமுள்ள தூரம், 'விசைக்கை.' 'எதிரெடைக்கை' எவ்வளவு அங்குலங்களாயுள்ளது, எனவும், 'விசைக்கை' எவ்வளவு அங்குலங்களாயுள்ளது, எனவும், அச்கெஜக்கோலில் பொறிக்கப்பட்ட அளவைக் குறிகளைக்கொண்டு,







படம் 34—36 மூன்றாம் தினுசு நெம்புகோல்கள்.
(Levers of the Third Order)

1. நிலையி (Fulcrum) 2. விசை (Power) 3. எதிரெடை (Resistance)

அறிந்துகொள்ளலாம். 2 வீசைப் படிக்கல் நடுவினின்றுள்ள தூரம் 5 அங்குலமாயின், 1 வீசைப் படிக்கல் 10அங்குல தூரத்திலுள்ளது எனக் காணலாம். 2-ஐ 5-ஆல் பெருக்கினால் 10 என்ற பெருக்கெண் பெறப்படும். $(2 \times 5 = 10)$ 1-ஐ 10-ஆல் பெருக்கினால் பெறப்படும் பெருக்கெண்ணும் 10-ஆம் $(1 \times 10 = 10)$. 2-என்பது எதிரெடையின் அளவெண்; 5-என்பது எதிரெடைக்கையின் அளவை; 1-என்பது விசையின் அளவு; 10-என்பது

விசைக்கையின் அளவை. ஆகவே, நமது சோதனையினின்று, நாம் கண்டு பிடித்த அளவைத் தொடர்பு பின்வருமாறும்.

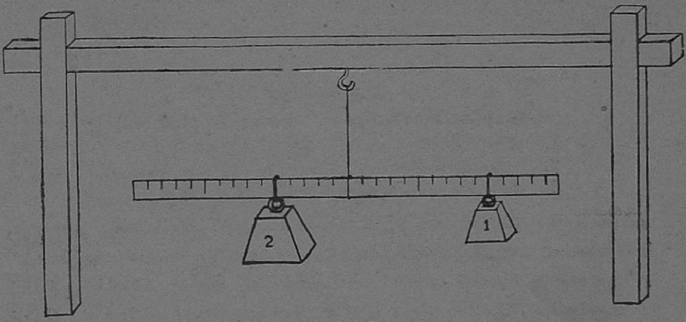
எதிரெடை × எதிரெடைக்கை = விசை × விசைக்கை.

இன்னும் பல அளவினவான படிக்கற்களையும், தூரங்களையும் கொண்ட வாறு சோதனை செய்தோமாயினும், மேற்கூறிய முடிவே பெறப்படும். ஆதலின், மேலே காட்டப்பட்ட தொடர்புமுறை, நெம்புகோலியல் விதி (லா-Law) எனப்படுகின்றது. அதனின்று, எதிரெடைக்கை விசைக்கையைவிட அதிகமாய் நீண்டிருந்தால், எதிரெடை விசையைவிடக் குறைந்திருக்கும் எனவும், விசை, எதிரெடையைவிடக் குறைந்திருந்தால், விசைக்கை எதிரெடைக்கையைவிட அதிகமாய் நீண்டிருக்கும் எனவும், அறியலாம்.

நெம்புகோலியல் விதியை அனுசரித்தே, துலாக்கோலாலும் கழுத்துக் கோலாலும் வஸ்துக்களின் நிறைகள் அளவிடப்படுகின்றன. சாதாரணத் தராசிலும் நெம்புகோலியல் விதியையொட்டியே வஸ்துக்கள் நிறுக்கப்படுகின்றன. தராசு இரு தட்டுகளைக்கொண்டது. துலாக்கோலும் கழுத்துக்கோலும் ஒரே தட்டைக்கொண்ட நிறுக்கும் கருவிகள்.

நேம்புகோல் விதியை யோட்டிய நிறுக்தும் கருவிகள்-தராசு, துலாக் கோல், கழத்துக்கோல் மேடைகோண்ட எடை போடும் மேஷீன்கள்.

சாதாரணத் தராசில், விசைக்கையும் எதிரெடைக்கையும், நிகரளவினவை. தட்டுகள் ஒரே நிறையினவை. ஆதலின், ஒரு தட்டில் வைக்கப்படும் வஸ்துவின் நிறையும், மற்றொரு தட்டிலிடப்படும் படிக்கற்களின் நிறையும் நிகரானவை. தராசை உபயோகித்து நிறுத்தலளவை செய்வதற்கு, பல வளவு நிறைகளுக்கான படிக்கற்கள் பல வேண்டும்.

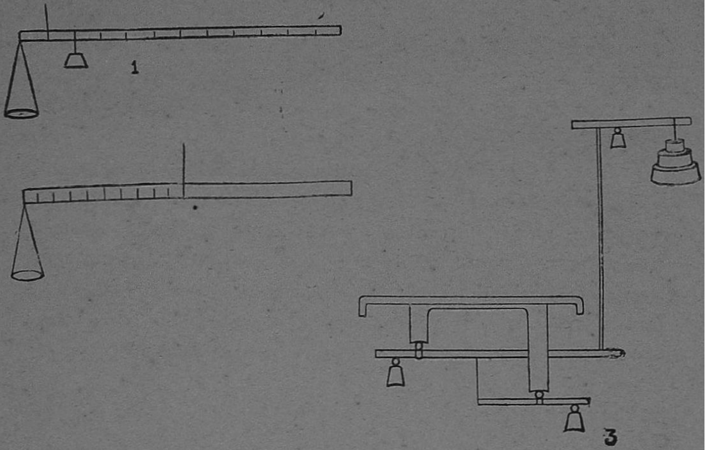


படம் 37

நெம்புகோல் தத்துவம் (Principle of Lever)

1. 1 வீசை படிக்கல் 2. 2 வீசை படிக்கல்

துலாக்கோலில் ஒரு படிக்கல்லைக்கொண்டே, பல வஸ்துக்களின் நிறைகளை முறையே, அளவிடலாம். நிறுக்கப்படவேண்டிய வஸ்து தட்டில் வைக்கப்படுகின்றது; துலாக்கோலைத் தூக்கிப் பிடித்துக்கொள்ளும் கயிற்றால் அதைத் தொங்கவிடுகிறோம்; பிறகு கோல் சமனாகும் வரை, படிக்கல்லை நகர்த்துகிறோம். அவ்வாறுள்ளபோது, படிக்கல் 'விசை.' அதன் நிறையளவு தெரிந்ததே. அது, தூக்கிப்பிடிக்கும் கயிற்றிலிருந்துள்ள தூரம், 'விசைக்கை.' அதன் அளவும் அறியப்பட்டதே. தட்டு கட்டப்பட்ட இடத்திற்கும் கயிறுள்ள இடத்திற்கும் இடைப்பட்ட தூரம், 'எதிரெடைக்கை'. அதையும் அளவிட்டறியலாம். ஆகவே, நெம்புகோல் விதியை அனுசரித்து, எதிரெடையான வஸ்துவின் நிறை எவ்வளவென்பதை கணக்கிட்டுக்கொள்ளலாம். சாதாரணமாக,



படம் 38—40

நெம்புகோல் சாதனங்கள் (Lever Appliances)

1. துலாக்கோல்
2. கழுத்துக்கோல்
3. ரயில்வே ஸ்டேஷனில் எடைபோடும் தராசு

அவ்வளவுகள் கணக்கிடப்பட்டு, கோலிலேயே குறிப்பிடப்படும். அதாவது, கோலிலுள்ள பல இடங்களில் படிக்கல், முறையே, வைக்கப்படும்போது, தட்டிலுள்ள வஸ்துவின் நிறை என்னவென்பது, அவ்விடங்களில் குறிக்கப்பட்டிருக்கும். ஆகவே துலாக்கோலைக்கொண்டு நிறுக்கும்போது, கோல் சமமாகும்வரை படிக்கல்லை நகர்த்தி, அவ்விடத்திலுள்ள அளவுக் குறிப்பைக் கண்டு தட்டிலுள்ள வஸ்துவின் நிறை எவ்வளவென்பதை உடனே சுலபமாய்க் கூறிவிடலாம்.

கழுத்துக்கோலில், கோலின் நிறையே 'விசை' யாயுள்ளது. அந்நிறை எவ்வளவென அறியப்படும். 'விசை' பிரயோகிக்கப்படும் இடம், கோலின் சரிநடு. வஸ்துவைத் தட்டில் வைத்துவிட்டு, கோலை, அதைப் பிடித்துக் கொள்ளும் கயிற்றால் தூக்கிக்கொண்டு, கோல் சமனாகும்வரை, அக்கயிற்றை நகர்த்தவேண்டும். அப்போது கயிறுள்ள இடத்திற்கும், கோலின் நடுவிற்கும் இடையுள்ள தூரம் 'விசைக்கை'. அதை அளவிட்டறியலாம். கயிறுள்ள இடத்திற்கும் தட்டு கட்டப்பட்டுள்ள இடத்திற்கும் இடையிலுள்ள தூரம் 'எடைக்கை'. அதையும் அளவிட்டுக்கொள்ளலாம். எனவே, நெம்புகோல் விதியைக்கொண்டு, எதிரெடையின் அளவைக் கணக்கிடலாம். அதாவது, வஸ்துவின் நிறையை அறிந்துகொள்ளலாம். அந்நிறையினளவு, கழுத்துக் கயிறு அப்போதுள்ள இடத்திலேயே குறிப்பிடப்படும். அவ்வாறே, கழுத்துக் கயிறு மற்ற பல இடங்களிலும் உள்ளபோது, தட்டிலுள்ள வஸ்துக்களின் நிறைகள் முறையே, எவ்வவ்வளவாயிருக்கும், எனக் கணக்கிடப்பட்டு, அந்நிறையளவுகள், அவ்வவ்விடங்களில் குறிப்பிடப்படுகின்றன.

ரயில்வே ஸ்டேஷன்களில் நாம் பார்க்கும் எடைபோடும் மெஷீன்கள், நெம்புகோல் விதியை அனுசரித்து, அமைக்கப்பட்டவையே. அவற்றில் பல நெம்புகோல்கள், முறையே, படிப்படியாய் தொகுக்கப்பட்டுள்ளன. அதனால் எடை-மேடை (பிளாட் பார்ம்–Plat form) மீது வைக்கப்படுகின்ற பாரமான பொதியொன்றை, அதைவிடக் குறைந்த நிறையினதான 'விசை' தாங்குகின்றது. அவ் 'விசை' யை அதைவிடக் குறைந்தவளவான 'விசை' ஏற்கின்றது. அவ்வாறே 'விசையி' னளவு படிப்படியாய்க் குறைக்கப்படும். முடிவில், பெருஞ்சுமையொன்று, சிறுபடிக்கல்லொன்றால் சீர்தூக்கப்படுகின்றது. அச்சிறு படிக்கல்லை துலாக்கோல் படிக்கல்லை நகர்த்துவதைப்போல நகர்த்தி, சாமானின் எடை அளவிடப்படுகின்றது. பல நிறைகளாக படிக்கல்கள் உபயோகிக்கப்படுவதால், அநேக எடைகளினளவை அறியலாம். நெம்புகோல்விதியையொட்டி, படிக்கல்களின் நிறைக்கும், மேடைமீது வைக்கப்படும் சாமானின் நிறைக்குமான வீதம் கணக்கிடப்படுகின்றது. அவ்வாறு கணக்கிடப்பட்ட வீதங்களைக் கொண்டு, பல நிறைகளினவான படிக்கல்கள் சீர்தூக்கும் எடைகள் எவ்வளவெனக் கணக்கிடப்பட்டு, துலாக்கோலின் மீதே குறிப்பிடப்படுகின்றன. எடைபோடும் மெஷீன்களைக்கொண்டு, ஒரு பலம் முதல் பல பாரங்கள் வரை திட்டமாய் நிறுக்கலாம்.

எளிய பொறிகள்

நெம்புகோல் முறையையொட்டி, ஓரிடத்தில் பிரயோகிக்கப்படும் வலிமை மற்றோரிடத்தில் உபயோகிக்கப்படுகின்றது. எனவே, அது ஓரிடத்து வலிமையை மற்றோரிடத்திற்குச் செலுத்துவதற்கான சாதனம். அவ்வாறான சாதனங்களில் பல வகைகள் உண்டு. அவை, எல்லாம் 'எளிய பொறிகள்' (ஸிம்பிள் மெஷீன்கள்—Simple Machines) எனப்படுகின்றன. அவற்றைக்கொண்டு, வலிமைபடும் இடத்தை மாற்றும்போது, பொதுவாக, அவ்வலிமையின் அளவும் மாறுகின்றது. ட்ரைஸெப்ஸ் தசை தரும் வலிமை, அதையொட்டிக்

கயிறென்று இழுக்கப்படும் வலிமையைவிட அதிகவளவானது. சாமணத்தால் ஒரு வஸ்துவைப் பிடிக்கும்போது, வஸ்து பிடிபடும் வலிமையை விட, விரல்கள் சாமணத்தை அழுத்தும் வலிமை அதிகமானது. பாக்கு வெட்டியால் பாக்கை நறுக்கும்போது, பாக்கு நறுக்கப்படும் வலிமையைவிட, விரல்கள் அழுத்தும் வலிமை குறைந்தது. பாரையைக்கொண்டு கல்லைப் பெயர்க்கும்போது, கையால் பாரையை அழுத்தும்வலிமை, கல் பெயர்க்கப்படும் வலிமையைவிடக் குறைந்தது. இங்ஙனம், பிரயோகிக்கப்படும் வலிமையைவிடக் குறைந்தவாறே அதிகமானவாறே, உபயோகிக்கப்படும் வலிமையுள்ளது. ஆனால், வலிமையின் அளவு மாறினாலும், செய்யப்படும் வேலையினளவு மாறாதுள்ளது. இது, எப்படியென்று பார்க்கலாம். 'வேலை' என்பது, வலிமையை, அது அசைந்து, செல்லும் தூரத்தினால் பெருக்கிக்கிடைக்கின்ற பெருக்கெண்ணினால் அளவிடப் படுவது. ஒருவன், ஒரு பெருங்கல்லைக் கொஞ்சதூரம் நகர்த்துகிறான்; அவனே, பிறகு, ஒரு சிறு கல்லை அதிகதூரம் தள்ளுகிறான். அவ்விரு வேலைகளில், ஒவ்வொன்றைச் செய்யவும், முறையே, அவன் கிட்டத்தட்ட ஒரேயளவு பிரயாசைப்படுகிறான். ஆகவே, 'வேலை'யினளவு, வலிமையையும், அதைச் செலுத்தவேண்டிய தூரத்தையும் பொருத்ததாயிருக்கவேண்டும். அதாவது, வலிமையினளவை தூரத்தினளவால் பெருக்கி வேலையினளவைத் தெரிந்து

வேலையினளவு

கொள்ளலாம். பாரையால், ஒரு கல்லைப் பெயர்க்கும் போது, பாரையின் நுனியை அதிக தூரத்திற்கு அழுத்துகிறோம். கல் கொஞ்சதூரமே கிளம்புகின்றது. பாரையின் நுனி அழுத்தப்படும் வலிமை, குறைந்த அளவானது. அவ்வலிமை, பாரையின் மற்றொரு நுனியில் கல்லைப்பெயர்க்கும் அதிக வலிமையாய்ப் பயன் படுகின்றது. இப்படி வலிமை அதிகமாயாயினும், அது கொஞ்சதூரமே நகர் கின்றமையின், அதனால் செய்யப்படும்வேலை அதிகமாகவில்லை. எனவே ஸிம்பிள் மெஷின் ஒன்றைக்கொண்டு, வலிமை அதிகப்படுமாறாயினும், குறையுமாறா யினும் அமைத்தபோது, அதனால் செய்யப்படுகின்ற வேலையினளவு மாறாதுள்ளது. அதாவது, ஸிம்பிள் மெஷின் எனப்படும் சாதனத்தில், 'விசை' செய்கின்ற வேலையும், 'எதிரெடை'யால் செய்யப்படும் வேலையும், ஒரேயளவினவை; விசையினளவும், எதிரெடையினளவும் வேறாயிருக்கலாம். இப்படி மெஷின் ஒன்றைக்கொண்டு, வலிமையினளவைத் தக்கவாறு மாற்றிக்கொண்டாலும், அதனைக்கொண்டு, வேலையைப் பெருக்கவாவது குறைக்கவாவது முடியாது என்பதை முக்கியமாய் அறியவேண்டும்.

இனி, ஸிம்பிள் மெஷினைப்பொருத்த மற்றொரு அளவை வீதத்தைப் பற்றிக் கவனிக்கலாம். ஸிம்பிள் மெஷினில், பிரயோகிக்கப்படும் வலிமை,

பொறிப்பயன்

உபயோகிக்கப்படும் வலிமை, என்ற இரண்டிற்குமான அளவுரீதியான தொடர்பு என்ன என்பதை அறிதல், முக்கியம். அத்தொடர்பை, 'எதிரெடை' வலிமையினளவை, 'விசை' வலிமையினளவால் வகுப்பதால் கிடைக்கின்ற ஈவெண்ணால்

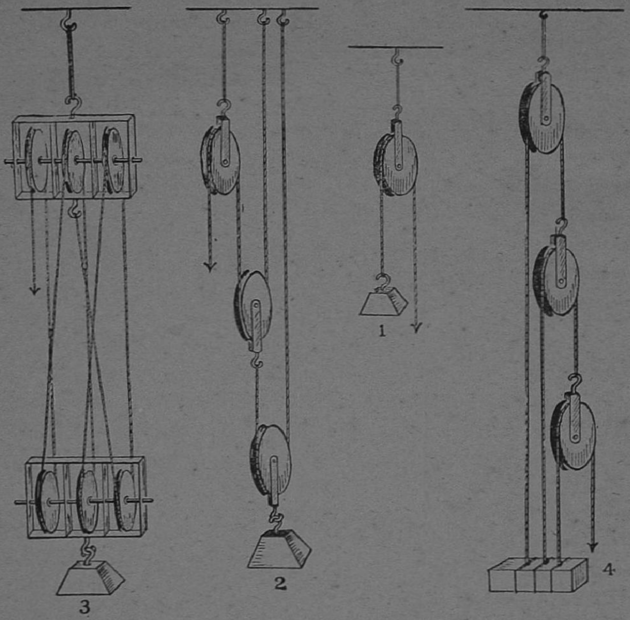
குறிப்பிடலாம். அவ்யீவு, பிரயோகிக்கப்படும் வலிமைக்கும் உபயோகிக்கப் படும் வலிமைக்குமான வீதத்தைக் காட்டும். அதைக்கொண்டு, ஒரு மெஷீனுல், வலிமை எத்தனை மடங்கு பெருகுகின்றது, அன்றி, எத்தனை பங்கு குறைகின்றது, எனத் தெரிந்துகொள்ளலாம். இவ்வாறு, $\frac{\text{எதிரெடையினளவு}}{\text{விசையினளவு}}$ என்ற வகுத்தலால் பெறப்படும் ஈவு, 'பொறிப்பயன்' (மெகானிகல் அட்வாண்டேஜ்–Mechanical Advantage) எனப்படும். முதல் தினுசு நெம்புகோலில், எதிரெடை, விசையைவிட அதிகமாகவோ, குறைந்தோ அன்றி அதற்கு நிகராகவோ இருக்கலாம், எனக்கூறியுள்ளோம். ஆதலின், மெகானிகல் அட்வாண்டேஜ், 1-க்கு அதிகமாகவோ, குறைந்தோ, அன்றி 1-கவேயோ, இருக்கலாம். இரண்டாம் தினுசில், எதிரெடையினளவு விசையினளவைவிட அதிகமாகவேயிருக்கும். எனவே, அதில், அவ்யீவு 1-ஐவிட அதிகப்பட்டே இருக்கும். மூன்ரும் தினுசில், எதிரெடையினளவு விசையினளவைவிடக் குறைந்தேயிருக்குமாதலின், அதில் அவ்வீவு 1-க்குக் குறைந்தேயிருக்கும். சாதாரணமாக, சிறு வலிமையைக்கொண்டு பெருவலிமையை இயக்கவே மெஷீன்கள் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. ஆதலின், அவை, இரண்டாம் தினுசை யொட்டியே அமைக்கப்படுகின்றன. மூன்ரும் தினுசை யொட்டிய மெஷீன்கள் வசதிக்காகவும், நாசுக்குக்காகவும் அமைக்கப்படுபவை. நமது உடலிலுள்ள தசைகள் கொஞ்சதூரமே நகரமுடியும்; அதிக தூரம் இயங்குவதற்கு உடம்பினுள் இடமில்லை. ஆதலின் அச்சிறிது தூரமும் மிகுந்த வலிமையுடன் அசைந்து, அவயவங்கள் நன்ருய் அதிக தூரம் ஆடுவதற்கான வசதியை, அவை, தருகின்றன. கை விரல்களை நாசுக்காய் உபயோகிக்க மூன்ரும் தினுசே ஏற்றது. சாமணம் நாசுக்காய் உபயோகிக்கப்படும் கருவி. அடுப்புக் குறடு, வசதிக்காக, மூன்ரும் தினுசை யொட்டி அமைக்கப்பட்டது. முதல் தினுசு, சமயத்திற்கேற்றபடி. வலிமையைப் பெருக்கவோ, வசதிக்காகவோ நாசுக்குக்காகவோ, அமைத்துக் கொள்ளப்படலாம். நமது உடலில் வசதிக்கானபடி அத்தினுசு அனுசரிக்கப் படுகின்றது. கத்தரிக்கோலில் அத்தினுசை அனுசரிப்பதாலான மூன்று பயன்களும் கிடைக்கின்றன.

நெம்புகோற்களேயன்றி, வேறு பலவகையான ஸிம்பிள் மெஷீன்களும் உண்டு. அவற்றைப்பற்றிக் கூறலாம். 'கப்பி முறை' (புல்லீ ஸிஸ்டம்–Pulley System) என்றதைப்பற்றி இனித் தெரிந்து கொள்வோம். கிணறுகள் மீது சகடைகள் மாட்டப்பட்டிருப்பதை நாம் எல்லோரும் பார்த்திருக்கிறோம்.

நிலைக்கப்பிகள்.

அச்சகடைகள், கப்பி வகையினவேயாம். சகடையில் கயிற்றை மாட்டி, அக்கயிற்றை இழுத்துக் கிணற்றிலிருந்து நீர் இறைக்கிறோம். அப்போது, நாம், கயிற்றைக் கீழ் வாட்டமாய் இழுக்கிறோம். நீர் நிரம்பியுள்ள தோண்டி மேல் நோக்கி வருகின்றது. இப்படி, சகடையைக்கொண்டு, கீழ்வாட்டமாய் இழுக்கும்படி பிரயோகிக்கப்படும் வலிமையை மேல் வாட்டமாய் இழுக்கும் வலிமை

யாய் உபயோகிக்கிறோம். அதாவது, ஒரு திசையில் ஓரிடத்தில் பிரயோகிக்கப் படும் வலிமை, மற்றொரு திசையில் மற்றோரிடத்தில் உபயோகப்படுகின்றது. ஆகவே, அச்சகடை, ஒரு ஸிம்பிள் மெஷீன், எனலாம். அதில் பிரயோகிக்கப் படும் வலிமையும் உபயோகப்படும் வலிமையும் ஒரே அளவானவை. எனவே, மெகானிகல் அட்வாண்டேஜ்—1. இப்படி அதைக்கொண்டு வலிமை அதிகப் படாவிடினும், வசதியைப் பெறுகிறோம். நமது கையிலுள்ள 'பைஸப்ஸ்' தசைகளைவிட 'ட்ரைஸப்ஸ்' தசைகள் அதிக உறுதியானவை. ஆதலின், எதையும் நமது கையால் மேலே தூக்குவதைவிட, கீழே இழுப்பதற்கே வாட்டமாயுள்ளது. கப்பியைக்கொண்டு, இவ்வசதி நமக்குக் கிடைக்கின்றது. இவ்வாறுள்ள கப்பி, 'நிலைக்கப்பி' (பிக்ஸட் புல்லி–Fixed pulley)



படம் 41—44 கப்பிகள் (Pulleys)

1. நிலைக்கப்பி (Fixed Pulley)
2. நகரும் கப்பிகள்—முதல்தினுசுப் பொருத்தம் (Movable pulleys-First System)
3. நகரும் கப்பிகள்—இரண்டாம் தினுசுப் பொருத்தம் (Movable pulleys—Second System)
4. நகரும் கப்பிகள்—மூன்றும் தினுசுப் பொருத்தம் (Movable pulleys-Third System)

எனப்படுகின்றது. அதைக்கொண்டு வசதிபெறலாமேயன்றி, வலிமையை அதிகப் படுத்த முடியாது, எனக்கண்டோம். ஆனால், கப்பிகளை வேறுவிதங்களில் வைத்து, வலிமை அதிகப்படுமாறு செய்யலாம். அதாவது குறைந்த வலிமை யுள்ள விசையைக்கொண்டு, அதிக வலிமையான எதிரெடையை இயக்கலாம். அப்படிச் செய்வதற்கு, நிலையானதொரு கப்பி மட்டும் போதாது. மேலுங் கீழுமாய் நகரும்படியாய்ப் பொருந்தியுள்ள கப்பி ஒன்றுவது, நிலைக் கப்பியைத் தவிர்த்து, இருக்கவேண்டும். அவ்வாறுள்ளதற்கு 'நகரும் கப்பி' (மூவபின் புல்லி–Movable pulley) என்று பெயர். இரண்டு-மூன்று இன்னும் அதிக மான நகருங் கப்பிகளைக்கொண்டுகூட, கப்பித்தொடர் கட்டலாம். அவற்றை எப்படிக்கட்டுவது, என்பதைக் கூறுவதற்கு முன், நாம் உபயோகிக்கும் கப்பி களில் ஒன்று எப்படி இருக்கும் என்பதைச் சொல்லலாம்.

கப்பியொன்று வட்ட வடிவான தட்டுபோலிருக்கும். அதன் நடுவில், குறுக்கே ஒரு அச்சு இருக்கும். அவ்வச்சை நடுவாய்க்கொண்டு, கப்பி சுழலலாம். அவ்வச்சு இரு சட்டங்களுக்குப் பொருத்தப்பட்டது. அவ்விரு சட்டங்களின் மற்ற நுனிகள் இரண்டும் ஒரு சிறு குறுக்குச் சட்டத்திற்கு சேர்க்கப்பட்டவை. குறுக்குச் சட்டத்திற்கும் கப்பிச் சட்டத்தின் ஓரத்திற்கு இடையில் ஒரு மெல்லிய கயிறு போகக்கூடியவளவு சந்திருக்கும். குறுக்குச் சட்டத்தின் மையத்தில் ஒரு கொக்கி இருத்தப்பட்டுள்ளது. கப்பித் தட்டின் விளிம்பு நெடுக சிறு பள்ளமிருக்கும். அப்பள்ளம் மெல்லிய கயிறொன்று பொருந்தக்கூடிய வவ்வளவு ஆழமாயிருக்கும்.

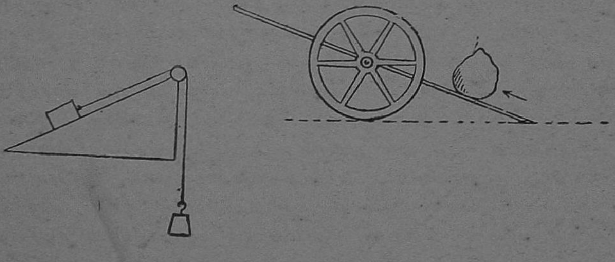
இனி, நகரும் கப்பியைப் பொருத்திக் கட்டும் விதத்தைக் கூறலாம்,

நகருங் கப்பிகள் கிணற்றின்மீது சகடையை மாட்டுவதற்கு உள்ளதைப் போன்று, இரு கம்பிகளை நட்டு, அவற்றின்மேல் நுனி களுக்குச் சேர்ந்திருக்கிறபடி, ஒரு குறுக்குச்சட்ட மொன்றைக் கட்டவேண்டும். அதில் ஒரு கொக்கியடித்து, அக் கொக்கியில் நிலைக்கப்பியை மாட்டவேண்டும். அக்கொக்கிக்கு சற்று தூரத்தில், குறுக்குச் சட்டத்தில் மெல்லிய கயிற்றொன்றின் ஒரு நுனி கட்டப்படும். அக்கயிற்றின் மற்றொரு நுனியை, நகரும் கப்பியாய்ப் பொருத்தப்படுவதின் ஓரப் பள்ளத்தில் மாட்டி இழுத்து, பிறகு, நிலைக்கப்பியின் ஓரப்பள்ளத்தில்மாட்டி எடுத்து, அதனுடன் ஒரு படிக்கல்லைக் கட்டவேண்டும். நகரும் கப்பியின் கொக்கி கீழ் வாட்டத்திலிருக்கும்படி அது பொருத்தப்படும். அக் கொக்கிக்கு எதிரெடை கட்டப்படுகின்றது. கயிற்றின் நுனியில் கட்டப்பட்ட படிக்கல், 'விசை'யாய் வேண்டப்பட்ட வலிமையைவிட அதிக அளவினதாயிருந்தால், எதிரெடையும், அது மாட்டப்பட்டுள்ள நகரும் கப்பியும் மேல்நோக்கி நகரும். படிக்கல், அவ்வளவிற்குக் குறைந்ததாயின், எதிரெடையும் நகரும் கப்பியும் கீழ்நோக்கி நகர்கின்றன. பல படிக்கல்களை, ஒவ்வொன்றாய்க் கட்டிப்பார்த்து, எதிரெடை யும் கப்பியும் நகராமல் இருப்பதற்கான படிக்கல் எதுவென்று பொறுக்கி

விடலாம். அப் படிக்கல்லின் நிறையே விசையினளவு. 'எதிரெடை'யின் அளவு என்னவென அறிந்துகொள்ளலாம். இவை இரண்டையும்கொண்டு, மெகானிகல் அட்வாண்டேஜ் எவ்வளவெனக் கணக்கிடலாம். அச்சோதனையைச் செய்தோமாயின், மெகானிகல் அட்வாண்டேஜ் 2 என்ற முடிவைப் பெறுவோம். மேற் கூறப்பட்ட முறையை அனுசரித்து, இரண்டு அல்லது இன்னும் அதிகமான நகரும் கப்பிகளைப் பொருத்திக் கட்டலாம். இரண்டு நகரும் கப்பிகள் சேர்க்கப்பட்டால், மெகானிகல் அட்வாண்டேஜ்-4, எனக் காண்போம். மூன்று நகரும் கப்பிகளிருந்தால், மெகானிகல் அட்வாண்டேஜ் 8 ஆகும். இப்படி ஒவ்வொரு நகரும் கப்பியையொட்டியும், மெகானிகல் அட்வாண்டேஜ் முறையே இரு மடங்கு அதிகமாகின்றது. மேலே கூறப்பட்ட விதத்தைத் தவிர, வேறு பல கப்பிப்பொருத்த விதங்களும் உண்டு. பலமான இருப்புக்கப்பிகளையும், சங்கிலிகளையும் கொண்டு, பெரும் பொதிகளையும் மூட்டைகளையும், ரயில் எஞ்சின்களையுங்கூட கட்டித் தூக்குகின்ற மெஷீன்கள் அமைக்கப்படுகின்றன. அவற்றில் கப்பி முறையைத் தவிர, நெம்புகோல் முறையையொட்டிய சாதனங்களும், பலபட்டரையாயுள்ளன. அவை நீராவி எஞ்சின்களினின்று விசையைப் பெறுகின்றன. அவற்றில் சாதாரணமாய், கொக்கின் கழுத்தைப்போல் நீண்டு வெளியே வருகின்ற விட்டம் இருக்கும். அதனால் அது, 'எடை தூக்கும் கொக்கு' (க்ரேன்-Crane) எனப்படுகின்றது.

சாய்வுத்தட்டம்.

இன்னுமொருவகைச் சாதனம், நிலமட்டத்தினின்று உயரமான இடங்களுக்குப் பெருங் கற்கள் முதலானவற்றைக் கொண்டுபோவதற்கு உபயோகப் படுகின்றது. கனமான பொருள்களை, சாய்வுச்சாரங்கள் கட்டி மேலே இழுக்கிறோம். அப்படிச் செய்யும்போது, அச்சாரமே, ஸிம்பிள் மெஷீன். இழுக்கப்படும் பொருளின் கனம், 'எதிரெடை'; இழுக்கும் வலிமை, 'விசை.' இவ்வகை ஸிம்பிள் மெஷீன், 'சாய்வுத்தட்டம்' (இங்கிலைன்டு பிளேன்-Inclined plane)



படம் 45—46

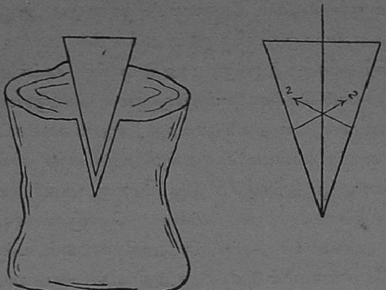
சாய்வுத் தட்டம் (Inclined plane)

எனப்படுகின்றது. 'சாய்வுத்தட்டம்' நிலமட்டத்திற்குச் சாய்ந்தேறிப்போகின்றது. அதாவது, சாய்வுத்தட்டத்திற்கும் நிலமட்டத்திற்குமிடையில் 'கோணம்' (ஆங்கிள்–Angle) ஒன்று உள்ளது. அக்கோணம் சிறிதாயிருந்தால், சாய்வுத் தட்டத்தின் உயரம் குறைவாயும், கோணம் பெரிதாயின் உயரம் அதிகமாயும், உள்ளன. அதாவது, கொஞ்சமாய்ச் சாய்ந்துள்ளதின் உயரம் குறைவாகவும், அதன் கோணம் சிறிதாயும், இருக்கும்; அதிகமாய்ச் சாய்ந்துள்ளதின் உயரம் அதிகமாகவும், கோணம் பெரிதாகவும் இருக்கும். கொஞ்சமாய்ச் சாய்ந்துள்ள தின் மீது, ஒரு கனமான வஸ்துவை வைத்து, அது மேல்வாட்டமாய் ஏறும்படி இழுப்பதற்குக் குறைந்த வலிமை போதும்; அதிகமாய்ச் சாய்ந்துள்ளதின்மீது அதே வஸ்துவை வைத்து அவ்வாறே இழுப்பதற்கு, அதிக வலிமை வேண்டும். ஆகவே, ஒரே எதிரெடைக்கான 'விசை,' கொஞ்சம் சாய்ந்த தட்டத்தில் கொஞ்சமாகவும், அதிகமாய்ச் சாய்ந்ததில் அதிகமாகவும் உள்ளது. எனவே, சாய்வுத்தட்டமொன்றின் உயரம் அதிகரிக்க,அதிகரிக்க விசையும்,முறையே, அதிக மாகி வருகின்றது. ஒரு மெஷீனின் மெகானிகல் அட்வாண்டேஜ், $\frac{\text{எதிரெடை}}{\text{விசை}}$ என்ற ஈவு, என, அறிவோம். 'எதிரெடை' மாறுதிருந்து 'விசை' அதி கரித்து வந்தால், ஈவின் அளவு குறைந்துகொண்டே வரும். அதாவது, சாய்வுத் தட்டத்தின் உயரம் அதிகரிக்க, அதிகரிக்க, அதன் மெகானிகல் அட்வாண்டேஜ், முறையே, குறைந்துகொண்டே வரும். தட்டம் செங்குத்தாயுள்ளபோது, அதன் நீளமும் உயரமும் நிகராயுள்ளன. 'எதிரெடை' அதன் உயரத்தளவு நகர்கின்றது. சாய்வுத்தட்டம் செங்குத்தாயில்லாதபோதும், 'எதிரெடை' செங்குத்துவாட்டத்தில், தட்டத்தின் உயரத்தளவே நகர்கின்றது. 'விசை' தட்டத்தின் நீளத்தளவு நகர்கின்றது, எனவே, எதிரெடை செய்யும் வேலை, எதிரெடை × உயரம், என்றது; விசை செய்யும் வேலை, விசை × நீளம், என்றது. ஸிம்பிள்மெஷீன் ஒன்றில் அவ்விரண்டும் நிகரானவை. ஆதலின், எதி ரெடை × உயரம் = விசை × நீளம். எனவே, $\frac{\text{எதிரெடை}}{\text{விசை}} = \frac{\text{நீளம்}}{\text{உயரம்}}$.

$\frac{\text{எதிரெடை}}{\text{விசை}}$ என்ற ஈவு, 'மெகானிகல் அட்வாண்டேஜ்', என, நாம் அறிவோம். அது, $\frac{\text{நீளம்}}{\text{உயரம்}}$ என்ற ஈவுடன் நிகரானது எனக் காண்கிறோம். ஆதலின், நாம் அமைக்கின்ற சாய்வுத்தட்டத்தின் நீளத்தையும் உயரத்தையும் அளவிடுவதினின்று, அதன் மெக்கானிகல் அட்வாண்டேஜ் எவ்வளவென்பதைக் கணக்கிடலாம். மெகானிகல் அட்வாண்டேஜ் எவ்வளவாயிருக்கவேண்டும் என நிர்ணயித்துக்கொண்டு, அதற்குத் தக்கவாறுன நீளமும் உயரமும்கொண்ட சாய்வுத்தட்டத்தை அமைத்துக்கொள்ளலாம்.

சாய்வுத்தட்ட முறையையொட்டி சாரங்கள் கட்டி, பாரமான சாமான் களை உயரமான இடங்களுக்கு, கீழிருந்து ஏற்றுகிறோம். அதைத்தவிர,

சாய்வுத்தட்ட முறையையொட்டிய வேறு பலவிதமான அமைப்புக்களும் உண்டு. அவற்றைப்பற்றி அடுத்ததாகச் சொல்லாம்.



படம் 47—48—ஆப்பு (Wedge)

1. ஆப்பின் தலையடி 'விசை' (Power)

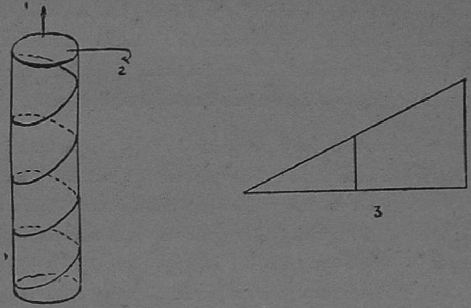
2. மரத்தின் உர எதிரெடை (Resistance)

பெரும் மரக்கட்டைகளைப் பிளப்பதற்கு, அவற்றில் ஆப்பு முளையை வைத்து, ஆப்பின் தலையை சம்மட்டியால் அடிக்கிறோம்.

ஆப்பு முளை ஆப்பு முளை, இரும்பினுலாவது, வயிரமான மரத்தினுலாவது, அன்றி வேறு உரமான பொருள் எதனுலாவது, செய்யப்பட்டது. அது முப்பட்டை வடிவமானது. அதன் நுனி கருக்காயிருக்கும். அந்நுனியையே, பிளக்கப்படவேண்டிய கட்டையின்மீது வைக்கிறோம். ஆப்பின் தலைமீது ஓரடி அடித்தவுடன், அது கட்டைக்குள் சற்று இறங்குகிறது. பிறகு, அடிமேலடியாய் அடிக்கும்போது, ஆப்பு நன்றாய் உள்ளேயிறங்கி, கட்டையைப் பிளக்கின்றது. அப்படிச் செய்யும்போது, அக்கட்டையின் உரமே, 'எதிரெடை' வலிமையாயுள்ளது. அவ்வுரம், ஆப்பின் பக்கங்களின் மீது, குறுக்கு வாட்டமாய் உறைக்கின்றது. ஆப்பின் பக்கங்கள், 'சாய்வுத் தட்டங்கள்' எனலாம். ஆகவே ஆப்பு, இரு சாய்வுத் தட்டவமைப்பு எனலாம். அவற்றின்மீது, பிளக்கப்படும் கட்டையின் உரம் அழுத்துகின்றது. அவ்வழுத்தங்களை எதிர்த்து மற்ற வலிமைகள் அழுத்தும்போது, கட்டை பிளக்கப் படுகின்றது. அப்படி எதிர்த்து அழுத்தும் வலிமைகள், ஆப்பின் தலையில் சம்மட்டியால் போடப்படும் அடிகளே. எனவே, ஆப்பின் தலையில் அடிப்பதாலான வலிமையே 'விசை'யாம். ஆகவே, ஆப்பு சாய்வுத்தட்டமுறையை யொட்டிய விம்பின் மிஷினும். உளி, கோடரி—இன்னோன்னவையும் சாய்வுத்தட்ட முறையை யொட்டிய விம்பிள் மெஷின்களே,

திருகியல்

திருகாணி (ஸ்குரு—Screw) சாய்வுத்தட்டவியலான ஸிம்பிள் மெஷீனே யாம். அது எப்படி, என்பதை விளக்கலாம். சாய்வுத் தட்டம் பொருந்தியுள்ளபோது, அதுவும் நிலமட்டமும், உயரமும் ஒருங்கே, ஒரு முக்கோண வடியாயுள்ளன. அவ்வாறான முக்கோண வடிவாய் ஒரு காகிதத்தைவெட்டுவோம். ஒரு மெல்லிய குச்சியை மையமாய் வைத்துக்கொண்டு, அதைச் சுற்றிவரும்படி, முக்கோண வடிவான காகிதத்தை மடிப்போம். முக்கோணத்தின் அடிப்பக்கம் குச்சியின் அடிப்பாகத்தைச் சுற்றிவரும். சாய்வுத் தட்டத்தினதான எதிர்ப் பக்கம் வளைந்து வளைந்து சுருண்டு வந்திருக்கும். இப்பொழுது அக்குச்சியைப் பார்த்தால் அது திருகாணியைப் போலிருப்பதைக் காணலாம். சாய்வுத்தட்டக்



படம் 49—50—திருகுமுறை (Screw Principle)

1. திருகு இறங்குதல்—எதிரொடை (Resistance)
2. திருகு திருகப்படல்—விசை (Power)
3. திருகுவின் சாய்வு பிளேன் (Inclined plane of Screw)

கோடு திருகுவொன்றின் புரைகளைப்போல் அமைந்திருக்கும். இம்முறையை யொட்டியே திருகின் புரைகள் கீறப்படுகின்றன. திருகாணியொன்றை ஒரு மாக்கட்டையினுள் ஏற்றுவதற்கென, அதன் தலையைத் திருப்புகிறோம். தலையைத் திருப்பும் வலிமை 'விசை' யாம். திருகாணி யேற்றப்படும் கட்டை யின் உரம், 'எதிரொடை.' திருகின் தலையை ஒரு முழுச்சுற்று திருப்பினால், அதன் புரை ஒன்று உள்ளேறுகின்றது. எனவே, 'விசை' வேலை செய்கின்ற தூரம் திருகாணியின் ஒரு சுற்றளவு; எதிரொடை வேலைசெய்கின்ற தூரம் ஒரு புரைக்கும் அதற்கடுத்த புரைக்கும் இடையிலுள்ள தூரம். அத்தூரம், திருகின் 'வரை' (பிட்சு-Pitch) எனப்படுகின்றது. மெஷீனியலையொட்டி, 'விசை' செய்யும் வேலையும், 'எதிரொடை' செய்யும் வேலையும் ஒரேயளவி னவை. எனவே, விசை × சுற்றளவு = எதிரொடை × வரை. ஆதலின்,

$$\frac{\text{எதிரொடை}}{\text{விசை}} = \frac{\text{சுற்றளவு}}{\text{வரை}}.$$

இத்தொடர்பைக்கொண்டு, சுற்றளவையும் வரையையும் அளவிட்டு, மெகானிகல் அட்வாண்டேஜைக் கணக்கிடலாம். அதைக்கொண்டே, நாம் வேண்டும் மெகானிகல் அட்வாண்டேஜைத் தரும் திருகாணிகளை, அவற்றின் சுற்றளவையும் வரையையும் தக்கவளவினவாய்ச் செய்து அமைத்துக் கொள்ளலாம்.

திருகாணியொன்றைத் திருப்புளியால் முடுக்கி, மரக்கட்டையொன்றினுள் ஏற்றும்போது, நடைபெறும் தெரியற்செய்கை நிகழ்ச்சிகளைக் காணலாம். நமது உடலின் தசைகள் சில சுருங்குகின்றன; அதையொட்டிய வலிமை, செம்புகோல் முறையையொட்டித் திருப்புளியின் கைப்பிடியின் மீது பிரயோகிக்கப்படுகின்றது; இவ்வலிமை செம்புகோல் முறையையொட்டித் திருப்புளியின் நுனிவாட்டத்தில் அழுத்துகின்றது; இவ்வழுத்து வலிமை, ஆப்பு சாய்வுத்தட்ட முறையை யொட்டி, திருகாணியின் தலையில் பிரயோகமாகின்றது; இவ்வலிமை, திருகியல் சாய்வுத்தட்ட முறையை யொட்டி, மரக்கட்டையின் உரத்தை எதிர்த்து, திருகை யேற்ற உபயோகப்படுகின்றது.

பலகைகள் முதலானவற்றை நன்றாய்ச் சேர்த்துப்பிணைப்பதற்கு, திருகாணிகளே உபயோகிக்கப்படுகின்றன. சாதாரண ஆணிகளை அடித்தால், அப்பலகைகள் பிளந்து விடுகின்றன. பிளவு காணாது, கொஞ்சம் கொஞ்சமாய் வலிமையைப் பிரயோகித்து, எவற்றையும் பொருத்துவதற்கு, திருகாணிகளே ஏற்றவை. நாசுக்காய் பொருத்தப்படவேண்டிய நகைகளில் திருகாணிகளே பயன்படுகின்றவை.

திருகின் உபயோகங்கள்

சிறிது சிறிதாய்க் குறைந்த வலிமையைப் பிரயோகித்து அதிக வலிமையாய் உபயோகப்படும்படி செய்வதற்கு, திருகு முறையே சிறந்தது. கொல்லன் பட்டறை, தச்சுப்பட்டறை, கம்மியன் பட்டறை என்ற எல்லாப் பட்டறைகளிலும், நாம் பொதுவாய்க் காணும் சாதனம், பிடித்திராவி அல்லது இடுக்கி (Vice) எனப்படுவது. அதில் ஓர் உறுதியான திருகும், அதைத் திருப்பும் நீளமான கம்பிக் கைப்பிடியொன்றும் உண்டு; இருப்புத்தாங்கி ஒன்று நிலையாய் ஊன்றப்பட்டுள்ளது; மற்றொரு இருப்புத்தாங்கி திருகுடன் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது: திருகை நன்றாய்த் திருப்பி, அதிகமான வலிமையைப் பெறலாம். அதனால், அவ்விரு இருப்புத்தாங்கிகளினிடையில் வைக்கப்பட்ட வஸ்து உறுதியாய்ப் பிடித்துக்கொள்ளப்படுகின்றது. நீண்ட கைப்பிடியைக்கொண்டு, செம்புகோல் முறையையொட்டி, வலிமையை இன்னும் பன்மடங்காய்ப் பெருக்கிக்கொள்ள முடிகின்றது. மோட்டார் கார்களின் சக்கரங்களைத் தூக்கி நிறுத்துவதற்காக உபயோகிக்கப்படும், 'ஜாக்கி' (Jack), திருகு முறையையே அநேகமாக அனுசரித்துள்ள மெஷீன். திருகைத் திருப்ப, செம்புகோல் முறையையொட்டி வேலைசெய்யும் நீண்ட கைப்பிடியும் உண்டு. பலவகை ஜாக்கிகளில், இவற்றைத்தவிர, பல்சக்கரங்களான சாதனங்கள் பலவுங்கூட தொடுக்கப்பட்டுள்ளன. ஜாக்கியொன்றைக்

கொண்டு, ஒரு டன் நிறையுள்ள கார் ஒன்றை, 10 பவுண்டுகளின் வலிமையால் தூக்கி நிறுத்தலாம். அப்படி அதை கால்அங்குல உயரம் தூக்கிநிறுத்த, ஒன்றரை அடி நீளமான கைப்பிடியை ஒரு முழு வட்டம் சுற்றவேண்டும். இச் சுற்றளவு, கிட்டத்தட்ட, 5 அடி. எனவே, . எதிரொடை $\frac{1}{4}$ அங்குலம் நகர்வதற்கு, 'விசை' 5 அடி தூரம் செல்லவேண்டும். மெகானிகல் அட்வாண்டேஜ், சுமாராக, 240 எனக் காண்கிறோம். எண்ணெய் ஆட்டும் செக்கு, சரும்பைப் பிழியும் ஆலே, இன்னோன்னவற்றில் எல்லாம், வஸ்துக்களை கசக்கிப் பிழிவதற்கென திருகிடலான சாதனங்களே முக்கியமாய் உள்ளவை

நாம், இனி, மெஷீன்கள் வேலைசெய்யும்போது கவனிக்கவேண்டிய முக்கியமான விஷயமொன்றைப் பற்றிக் கூறவேண்டும். எல்லா மெஷீன்களிலும், 'நிலையி', 'விசை', 'பிரயோகிச்கப்படும் இடம்,' 'எதிரொடைப்படும் இடம்', என்றும் இன்னும் பல குறிப்பிடங்களும் உண்டு.

மேஷீன்களின் உராசலும் அவற்றை வழுக்கலாக்கலும்

அவ்வாறான இடங்களில் மெஷீனின் பாகங்கள் பல ஒன்றுடனொன்றாய்ப் பொருந்துகின்றன. அதனால், அவ்விடங்களில், அப்பகுதிகளிடை உராசல் ஏற்படுகின்றது. உராசிக்கொண்டுள்ள அப்பகுதிகள் தாராளமாய் நகரமுடியாது இடைஞ்சல் படுகின்றன. ஆகவே இவ்வுராசல், ஒவ்வொரு பகுதியும் செய்கின்ற வேலையைத் தடைப்படுத்தும் விதமாகவே உள்ளது. அதாவது, உராசலால், எதிர் வலிமை அதிகமாகின்றது. இதனால், 'விசை' செய்யும் வேலை முழுவதும், எதிரொடையை இயக்குமாறு உபயோகப்படுவதில்லை; அதில் ஒரு பகுதி உராசல் வலிமையை எதிர்த்துச்செய்யும் வேலையாய் ஆகிவிடுகின்றது. உராசும் வலிமையென்றது குறுக்கிடுகின்றமையின், விசை செய்யும் வேலை, எதிரொடை செய்யும் வேலையுடன் நிகரானதாய் இல்லை. எதிரொடை செய்யும் வேலை, விசை செய்யும் வேலையைவிடக் குறைந்து விடுகின்றது. எதிரொடை செய்கின்ற வேலை—உராசல் செய்யும் வேலை என்ற இரண்டும் சேர்ந்தே, விசை செய்யும் வேலைக்கு நிகராகின்றன. நாம் ஒரு மெஷீனைக்கொண்டு வேலைவாங்குவதின் நோக்கம், 'விசை'யின் பிரயோகத்தால் நடைபெறுகின்ற வேலையை, எதிரொடை செய்யும் வேலையாய் உபயோகப் படுத்திக்கொள்ளவே. ஆதலின் எதிரொடையால் செய்யப்படும் வேலையே, உபயோகப்படும்வேலை. உராசல் காரணமாய் செய்யப்படும்வேலை, உபயோகமற்ற வேலை. பயனின்றி வீணாய்ச் செலவழிக்கப்படுகின்ற வேலையினளவை, இயன்றவரைக் குறைக்கும் வழிகளைத் தேடவேண்டும். உராசலே யில்லாதபடி அதை ஒழித்துவிட இயலாது. ஒன்றுக்கதிகமான பகுதிகள் கூடும் இடங்களில் உராசல் இருந்தே தீரும். அதனால் உண்டாகின்ற வலிமையினளவை எப்படிக் குறைக்கலாம் என்பதைக் கவனிக்கலாம். காடுமுரடான வஸ்துக்களினிடை உராசல் வலிமை அதிகமாகவும், மழமழப்பானவற்றினிடை அவ்வலிமை மிகக் குறைவாயும் உள்ளன, என்பது எல்லோருக்கும் தெரிந்த விஷயம். ஆதலின்

ஓரிடத்தில் சேர்கின்ற பகுதிகளை நன்கு இழைத்து, மழமழப்பாயாக்கி, உரசலால் உண்டாகும் தடையைச் சிறிதளவு நீக்கலாம். அப்பகுதிகள் கூடும் இடங்களில், எண்ணெய்-கொழுப்பு-மை-இன்னோரன்ன வழுக்கல் பொருள்களை (Lubricants) இடுவதால், உரசலை மிகவும் குறைக்கலாம். எனவே, மெஷீன்களைக் கொண்டு வேலை வாங்கும்போது, அவற்றை வழுக்கலாக்கல் என்பது முக்கியமாய் கவனிக்கவேண்டிய விஷயம். நமது உடலிலுள்ள மூட்டுகள் போன்ற இடங்கள், பலபாகங்கள் சேரும் இடங்கள். அவ்விடங்களில் எப்பொழுதும் வழுக்குப்பசையான பொருள்கள் இருக்கும் என, நாம், முன்னரே கூறியுள்ளோம். அவ்வாறே, நாம் அமைக்கும் மெஷீன்களிலும், வழுக்கல் செய்தல், முக்கியம்.

மேஷீன்களின் நிறைவேற்றுத்திறன்.

எவ்வளவு வழுக்கலாக்கினாலும், உரசல் வலிமையை முற்றும் அகற்ற முடியாது. ஆதலின், அதையொட்டி வீணாக்கப்படும் வேலை செலவழியாதபடி, என்னசெய்தும் தடுக்க இயலாது. எந்த மெஷீனிலும், இவ்வழியே வீணாகும் வேலை சிறிதளவாவது இருக்கும். அதாவது, சேதாரம் இல்லாத மெஷீன் இல்லை. சேதாரம் போக, மீதியான வேலையே, எதிரெடை செய்கின்ற வேலையாய் உபயோகிக்கப்படுகின்றது. இவ்வேலை 'பயனுறு வேலை' எனப்படுகின்றது. இவ்வேலையைச் செய்யவே, மெஷீன் ஒன்று அமைக்கப்படுவது. ஒரு மெஷீனில், பயனுறு வேலை, விசை செய்யும் வேலையைவிட மிகவும் குறைந்திருந்தால், அதாவது, சேதாரம் அதிகமாயிருந்தால், அந்த மெஷீன் செவ்வையானது எனச் சொல்லமுடியாது. எனவே, மெஷீன்களின் தராதரம் அறிவதற்கு, அவற்றின், விசை செய்யும் வேலைக்கும், பயனுறு வேலைக்கும் என்ன தகவு உள்ளது என்பதைத் தெரிந்துகொள்ளல், முக்கியம். இத்தகவை, பயனுறுவேலையை, விசை செய்யும் வேலையால் வகுப்பதால் கிடைக்கப்படும் ஈவால் குறிப்பிடலாம். அவ்வீவை நூறால் பெருக்கி, சதவீதமாகவும் குறிப்பிடலாம். அவ்வாறு குறிப்பிடப்படும் எண், 'நிறைவேற்றுத்திறன்' (எபிஷியன்ஸி-Efficiency) எனப்படுகின்றது. சேதாரமேயில்லாத சம்பூர்ண மெஷீனில் விசை செய்யும் வேலையும் பயனுறுவேலையும் நிகராயிருக்கும். ஆகவே, அதன் 'நிறைவேற்றுத்திறன்' 1, அல்லது 100 %. நடைமுதலிலுள்ளவற்றில், பயனுறுவேலை, விசை செய்கின்ற வேலையைவிடக் குறைந்தே இருக்கும். ஆதலின், அவற்றின் நிறைவேற்றுத்திறன், பின்னத்தினாலோ, நூற்றுக்குக் குறைந்த எண்ணினாலோ, குறிப்பிடப்படும். அதாவது, $\frac{3}{4}$ அல்லது 75 %, $\frac{1}{2}$ அல்லது 50 %, $\frac{1}{4}$ அல்லது 25 % என்றிருக்கும். பொதுவாக, ஸிம்பிள் மெஷீன் ஒன்றைக்கொண்டு, 60 %—80 % ஆன நிறைவேற்றுத்திறனைப் பெறலாம்.

நாம் மேற்கூறிய வகையான மெஷீன்களில், 'விசை' அசைவின் காரணமாய் வேலை செய்கின்றது. அவ்வேலைக்கான சக்தி, 'அசைவு' அல்லது

'இயக்கம்' என்பதை மூலமாய்க்கொண்டது. இவ்வகைச் சக்தி, 'இயக்க வியல் சக்தி' (மெகானிகல் எனர்ஜி-Mechanical Energy) எனப்படுகின்றது.

பலவித சக்திகளும் எஞ்சின்களும்.

இச்சக்தியை மூலமாய்க்கொண்ட விசையைப் பிரயோகித்து, பயனுறு வேலை செய்யப்படுமாறுன சாதனமொன்று, 'மெஷீன்' எனப்படுவது. விசை, இயக்கச் சக்தியாக இல்லாது, வேறுவகைச் சக்திகளில் ஒன்றாயும் இருக்கலாம். 'சூடு' ஒருவகைச் சக்தியேயென, முன்னரே கூறியுள்ளோம். ரஸாயன மாற்றங்களை யொட்டியும் சக்தி பிறக்கலாம், எனக்கூறியுள்ளோம். இவ்வாறுன சக்திகளை மூலமாய்க்கொண்ட விசையைப் பிரயோகித்து, தக்க சாதனங்களைக்கொண்டு, பயனுறு வேலை நடைபெறுமாறு செய்யலாம். அவ்வாறுன சாதனங்கள் 'எஞ்சின்கள்' (Engines) எனப்படுகின்றன. சூட்டுச் சக்தியை மூலமாய்க்கொண்ட விசை பிரயோகிக்கப்படுகின்ற சாதனம், 'சூட்டு எஞ்சின்' (Heat Engine) எனப்படும். இதன் 'நிறைவேற்றுத்திறன்' என்ன என்பதையும் கணக்கிடலாம். ஓரளவான சூட்டுச் சக்தியினின்று எவ்வளவு இயக்கச் சக்தியைப் பெறலாம், என்பதை தெரியற்செய்கையோர் அளவிட்டுள்ளனர். அதைக்கொண்டு, சூட்டு எஞ்சின் ஒன்றில் விசையாகப் பிரயோகிக்கப்படும் சூடு முழுதும் இயக்கச் சக்தியாய் மாறினுல், எவ்வளவு வேலை செய்யும் எனக் கணக்கிடலாம். அந்த எஞ்சினுல் செய்யப்படும் பயனுறு வேலை எவ்வளவு என்பதையும் அளவிடலாம். இவ்விரண்டு அளவைகளையும் கொண்டு, எஞ்சினின் நிறைவேற்றுத்திறன் என்ன என்பதைக் கணக்கிடலாம். இப்படிப் பார்க்கிறபோது, பொதுவாக, நீராவி எஞ்சின்களின் நிறைவேற்றுத்திறன், 15 %—25 % ஆகவும், மோட்டார் எஞ்சின்களில், அது 20 %—35 % ஆகவும் உள்ளன என அறிகிறோம். ரஸாயன மாற்றங்களை மூலமாய்க்கொண்ட விசை பிரயோகிக்கப்படுகின்ற எஞ்சின்கள் நம்முடலினுள் வேலைசெய்கின்ற தசைகள் மட்டுமே; வெளியுலகில் அவை எங்கும் இல்லை. ரஸாயன மாற்றங்களினின்று சூட்டைப்பெற்று, அதனின்று இயக்கச்சக்தியைப் பெறும் வழியே மனிதனுக்குத் தெரியும். ரஸாயன மாற்றங்களினின்று நேரே இயக்கச்சக்தியைப் பெறும் வழியை, மனிதன் இதுகாறும் தன் அறிவால் கண்டுபிடிக்கவில்லை. அவ்வழி நமது உடலிலுள்ள தசை எஞ்சின்களுக்குத்தான் தெரியும். அவை, நமது உணவிலுள்ள பொருள்களில் ஏற்படுகின்ற ரஸாயன மாற்றங்களினின்று சூடும் இயக்கச்சக்தியும் தனித்தனியே வெளிப்படுமாறு செய்கின்றன. அவற்றின் நிறைவேற்றுத்திறன் 30 %—45 % ஆக உள்ளது.

இதுவரை கூறப்பட்டதினின்று, மெஷீன்களைக் கொண்டாவது, எஞ்சின்களைக் கொண்டாவது, ஒன்றுக்குமேல் அதிகமான நிறைவேற்றுத்திறனைப்பெற முடியவே முடியாது என்று அறியலாம். எனவே, மெஷீன்களும் எஞ்சின்களும், அதற்குமுன் இல்லாதவேலையையாவது சக்தியையாவது, தாமே உண்டு பண்ணுகின்றவை அல்லது என்பதைத் தெளிவாய்க் காணலாம். ஆனுல்,

அவற்றைக்கொண்டு, ஓரிடத்தில் பிரயோகிக்கப்படும் வலிமை மற்றோரிடத்தில் உபயோகிக்கப்படுவதற்கானவாறு செய்யும் வழிகள் உண்டு எனவும், சிறு வலிமையைப் பெருக்கவும், பெரு வலிமையைக் குறைக்கவும் வழிகள் உண்டு எனவும், அவ்வழிகள் எவை எனவும் அறிந்துகொண்டோம். ஸிம்பிள் மெஷீன்கள் என்ற சாதனங்களில் விசையாய்ப் பிரயோகிக்கப்படுவது, நமது உடல் வலிமையே. பின்னர், மனிதர் தாமே வேலைசெய்வதை நிறுத்திக்கொண்டு மற்ற பிராணிகளைக் கட்டி வேலை வாங்கத் தொடங்கினர்; தமது மெஷீன்களில், மற்ற பிராணிகளின் வலிமையை விசையாய்ப் பிரயோகிக்கலாம் எனக் கண்டனர்.

பல கலவை மெஷீன்களும் விசை பூட்டலும்

மாடு, குதிரை முதலான பிராணிகளைப் பூட்டி, வேலை வாங்குவதற்கானவாறு, சாதனங்களைச் செய்தனர். கலப்பை, செக்கு, கவலையேற்றம், வண்டி முதலானவை, பிராணிகளைப்பூட்டி, அவற்றின் வலிமையைப் பிரயோகித்து, வேலை நடைபெறுமாறு செய்வதற்கான சாதனங்கள். இவ்வாறான சாதனங்களை பல கலவை (காம்பவுண்டு —Compound) மெஷீன்கள், எனலாம். ஸிம்பிள் மெஷீன்களைக்கொண்டு, தன் வலிமையை மட்டும் பிரயோகித்தே, மனிதன் பல வசதிகளைச் செய்துகொள்ள முடிந்தது; வசதிகளைத் தந்த மெஷீன்களைக் கொண்டு, மனிதன், சக்தியைப் பெருக்க முயன்றான்; அம்முயற்சி கைகூடவில்லை; சுற்றும் முற்றும் பார்த்தான்; மற்ற பிராணிகளின் சக்தியைக் கவர்ந்துகொண்டான். இவ்வாறு மற்றவற்றின் சக்தியை, ஒரு மெஷீனில் பிரயோகிக்கப்படும் விசையாய் அமைத்தற்கு 'விசை பூட்டுதல்' (Harnessing Power) என்று பெயர். பிறகு, படிப்படியாய் முன்னேறிவந்து, இயற்கையின் சக்திகள், விசையாய்ப் பிரயோகிக்கப்படுகின்ற எஞ்சின்களை அமைக்க, மனிதன், அறிந்து கொண்டான். இவ்வாறான முன்னேற்றத்திற்குக் காரணம், அறிவும் செயலும் ஒன்றுபட்டதினாலேயே, எனலாம். அறிவும் செயலும் கூடி நிற்றலே, சிறந்த தெரியற்செய்கையாம்.

இரத்தவோட்டமும், காற்றாட்டமும், அமுக்கத்தன்மையும்

நமது உடலினுள் நடைபெறுகின்ற காரியங்கள் எல்லாம், நமது உடலால் நடந்தேறுகின்ற வேலைகள் எல்லாம், தசைகள் தக்கவாறு அசைவதினாலேயே நேரிடுகின்றன, என, முன் அத்தியாயத்தில் கூறினோம். அப்படி அவை சுருங்கி மீண்டு கொண்டுள்ளபோது, வேலை செய்துகொண்டே இருக்கின்றன. அவ்வேலைக்கான சக்தி, அவற்றிற்கு ஊட்டப்படும் உணவுப்பொருள்களில் ஏற்படுகின்ற ரஸாயன மாற்றங்களை யொட்டி உண்டாகின்றது எனவும், கூறினோம். அவ்வூட்டப் பொருள்களில் 'கிளைகோஜன்' என்றது முக்கியமானது. கிளைகோஜன் ரஸாயனீயமாய்ப் படிப்படியாக மாறி லாக்டேட் (Lactate) என்ற பொருளாய் ஆகின்றது. இம்மாற்றங்களே சக்தி பிறப்பதற்குக் காரணமானவை. அவ்வாறேற்பட்ட லாக்டேட்டுகள், கசடுகள். அவை நீக்கப்படவேண்டும். பின்வருமாறு, அவை நீக்கப்படுகின்றன. அவை

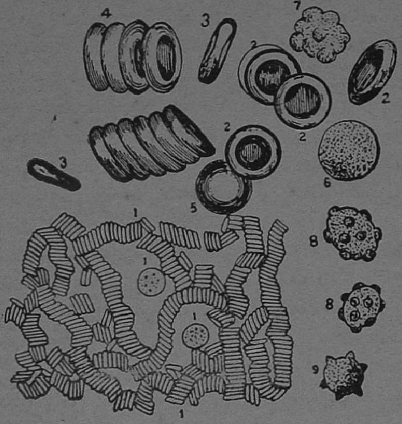
தசைகளின் ஊட்டமுறை.

ஆக்ஸிடைஸ் செய்யப்படுகின்றன. ஆக்ஸிடைஸானபின், அவை கார்பன்டை ஆக்ஸைட் என்ற வாயுவாகவும், நீராகவும் மாறுகின்றன. இவை, தசையினின்று கழிக்கப்படுகின்றன. கார்பன்டை ஆக்ஸைட், நுரையீரல்களின் வழியே வெளிச்செல்கின்றது. நீர், உடலிலுள்ள கழிவு நீக்கும் பகுதிகளுக்குச் சென்று, அவற்றினின்று வெளிப்படுத்தப்படுகின்றது. இப்படி, தசை யொன்று வேலைசெய்துகொண்டிருப்பதற்கு, 'கிளைகோஜன்' (Glycogen) என்ற ஊணையும், ஆக்ஸிஜன் என்ற வாயுவையும் அதற்கு அனுப்பிக்கொண்டே இருக்க வேண்டும். இதைச் செய்வதற்காக, ஊணும் காற்றும் கரைந்துள்ள திரவமொன்று, தசைக்குச் சென்று பாவிக்கொண்டேயிருக்கும். இப்படித் தசைகளுக்கு ஊணும் காற்றும் கொண்டுவருகின்ற திரவமே, இரத்தம். சாதாரணமாக, ஒருவர் உடலில் 25 சேர் இரத்தம் இருக்கும். இரத்தம் பார்வைக்கு

இரத்தமும், அதன் இரு தினுசுகளும்.

எப்படி இருக்கும் என்று எல்லோருக்கும் தெரியும். அதில், இரண்டு தினுசுகள் உண்டு என்றும் எல்லோரும் அறிவர். ஒரு தினுசு செக்கர் சிவப்பாய் பளபளவென்றிருக்கும். அது, இருதயத்தினின்று வருகின்ற பாய்குழாய்கள் (ஆர்டரிகள்-Arteries) வழியே செல்லும் இரத்தம். மற்றொரு தினுசு, பச்சை கலந்த சிவப்பாய் மங்கினாற்போல் இருக்கும்; அது இருதயத்திற்குப்போகும் வடிகுழாய்கள் (வெயின்கள்-Veins) வழியே செல்லும் இரத்தம். ஒரு துளி இரத்தத்தை மைக்ராஸ்கோப்பைக்கொண்டு நோக்கினால், ஒரு தெளிவான மஞ்சள் நிறத் திரவமும், அதில் அநேக சின்னஞ்சிறு வஸ்துக்கள்

மிதந்துகொண்டிருப்பதும் தென்படும். அவற்றில் பெரும்பாலானவை, மிகச் சிறு வட்டத் தட்டுகள் போலிருப்பன. அவை செந்நிறமானவை. அவையே காற்றடைபட்டுள்ளவை; செங்கும்பிகள் (செங்கார்புஸல்கள்-Red Corpuscles) எனப்படுபவை. இவற்றைத்தவிர, நிறமற்ற பொருள்கள் சிலவும் காணப்படும்; அவை, பலவகையானவை. மஞ்சள் திரவத்திற்கு, 'பிளாஸ்மா' (Plasma) என்று பெயர். அதை மேலும் ஆழ்ந்து பரிசோதனை செய்து, அதில் பலவகையான பொருள்கள் கரைந்துள்ளன, என, தெரியற் செய்கையோர் கண்டுள்ளனர். அப்பொருள்களிலொன்று, பிப்ரினோஜன் (Fibrinogen) எனப்படுவது. ஏதாவது காயம்பட்டு இரத்தம் சிந்தும்போது, அதை கட்டிகட்டச்



படம் 50—59. இரத்தப்பகுதிகள்

1. செங்கார்புஸல்களிடை வெண்கார்புஸல்களமைதல்
2. செங்கார்புஸல்கள் (தட்டம்)
3. ,, (ஓரம்)
4. ,, (அடுக்கு)
5, 6, 7, 8, 9—பிளாஸ்மாப்பகுதிகள்

செய்வது, அதுவே. அது கல்லீரலில் (Liver) இழைக்கப்படும் பொருள். இன்னும், அதில், முட்டையின் வெண்கருவைப்போன்றுள்ள, ஸீரம்-ஆல்ப்யூமன் (Serum albumin), ஸீரம்-க்ளாப்யுலின் (Serum globulin) என்றவையும், கொஞ்சம் குளூகோஸும் (Glucose), கொஞ்சம் உப்புகளும், மிகக் கொஞ்சமான கால்ஷியத்தரளங்களும் (Calcium Compounds) உள்ளன. இவற்றைத் தவிர, அதில், கசடுகளான யூரியா (Urea) போன்றவையும், ஸெல்களினின்று வெளிப்பட்ட கார்பன்டைஆக்ஸைடு கரைந்த நீரும் உள்ளன,

பிளாஸ்மாவிலேற்றப்பட்டே, ஜீரணக் கருவிகளினின்று உடலின் பல பாகங்களுக்கு ஊட்டம் செல்கின்றது. ஒருவன் உண்ட உணவு ஜீரணமாய்க்கொண்டிருக்கும்போது, அவன் இரத்தத்தில், பல பகுதிகளுக்கும் போகின்ற சிறு ஊண் உண்டைகள் இருக்கும்.

செங்கார்புஸல்கள், எலும்பிலுள்ள சிவப்பு மஜ்ஜையில் செய்யப்படுகின்றன. அவை, ஒவ்வொன்றும், கிட்டத்தட்ட $\frac{1}{35000}$ அங்குலம் இருக்கும். ஒருவருடலில், சுமாராக, மூவாயிரங்கோடி செங்கார்புஸல்கள் உள்ளன. செங்கார் புஸலொன்று, ஒருமாத காலமே நீடித்திருக்கும்; அதன் பின், அது சிதைவுறும். எனவே, ஒவ்வொரு நாளும் நமது உடலில் நூறுகோடி செங்கார்புசல்கள் அழிகின்றன; நூறுகோடி உண்டாக்கப்படுகின்றன. செங்கார்புஸல் ஒவ்வொன்றிலும் ஹெமோகுளோபின் (Haemoglobin) என்ற சிவப்பு வஸ்து கொஞ்சம் உள்ளது. ஹெமோகுளோபினில், கொஞ்சம் இரும்புக் கலப்பு உண்டு. அது நுரையீரல்களினின்று கிடைக்கின்ற மிகுதியான ஆக்ஸிஜனுடன் கலந்து ஆக்ஸி ஹெமோகுளோபினுய் (Oxy Haemoglobin) ஆகின்றது. அப்பொழுது, அது பளபளப்பான சிவப்பு நிறமாயிருக்கும். ஆர்டரிகளின் வழியே, ஆக்ஸி ஹெமோகுளோபின், உடலிலுள்ள தசைகள், கிரந்திகள், நரம்புகள் என்ற எல்லாப் பகுதிகளுக்கும், இரத்தத்துடன் சேர்ந்து செல்லுகின்றது. அப்படிச் சென்று, அவ்வுடற்பகுதிகளுக்குத் தேவையான ஆக்ஸிஜனைத் தருகின்றது; தன் மிகுதியான ஆக்ஸிஜனை இழக்கின்றது; வெறும் ஹெமோகுளோபினுய் ஆகின்றது. வெறும் ஹெமோகுளோபின் பச்சைகலந்த மஞ்சல் சிவப்பு நிறமானது. இதைக் கொண்டுள்ள இரத்தமே, வெயின்கள் வழியே செல்கின்றது. இவ்விரத்தம் இருதயத்தை அடைந்து, அங்கிருந்து நுரையீரலுக்குப் பாய்ந்து, ஆக்ஸிஜனால் நிரம்பி, ஆக்ஸி ஹெமோகுளோபின்களைக் கொண்டதாயாகின்றது. ஆர்டரிகள் வழியே மீண்டும் பாய்கின்றது. முன் மாதிரியே மறுபடியும் மறுபடியும் உடலின் பாகங்கள் எல்லாவற்றிலும் சுற்றிப் பாய்ந்துவிட்டு வருகின்றது.

செங்கார்புஸல்களும் ஹேமோ குளோபினும்

செங்கார்புஸல்கள் மிகுதியாய்ச் செறிந்துள்ள பாகமொன்று நமது உடலில், வயிற்று வாட்டத்தில், உள்ளது. இது, மண்ணீரல் (ஸ்ப்ளீன்–Spleen) எனப்படுவது. இதனுள், அயோர்டா (Aorta) என்ற முக்கிய ஆர்டரியினின்று, ஒரு ஆர்டரி வருகின்றது. ஸ்ப்ளீனினின்று, போர்டல் வெயின் (Portal vein) என்ற முக்கியமான வெயினுக்கு, ஒரு வெயின் போகின்றது. மண்ணீரல் (ஸ்ப்ளீன்) செங்கார்புசல்கள் நிரம்பியுள்ள சேமவாவியாய் (Reservoir) அமைந்துள்ளது. உடலினுள், எங்கேயாவது, அதிகமான ஆக்ஸிஜன் வேண்டப்பட்டால், மண்ணீரல் (ஸ்ப்ளீன்) சுருங்குகின்றது; அதிலுள்ள செங்கார்

மண்ணீரல்

புஸல்கள் வெளியே அனுப்பப்பட்டுகின்றன. இதனுலேயே, ஒருவன் அதிவேகமாய் ஓடும்போதாயினும், அன்றி, வெகு தீவிரமாய் கஸரத் செய்யும்போதாயினும், அவனது மண்ணீரல் சுருங்குகின்றது. சோவை பிடித்தவர்களின் மண்ணீரல் கூட, சுருங்கியிருக்கும்.

இரத்தம் மிகுதியாய் பீறிடலால், ஒருவர் அதிக இரத்தத்தை இழந்துவிட்டபோது, அவரது நிலைமை ஆபத்துக்கிடமானதாகின்றது. அப்பொழுது, அவனை மீட்பதற்காக, நல்ல ஆரோக்கியமான மற்ருெருவரின் உடலினின்று இரத்தத்தை எடுத்து, நோயாளியினுள் செலுத்துகிருர்கள். இப்படிச் செய்வதற்கு, 'இரத்தமெடுத்தேற்றிழைக்கை' (ப்ளட் ட்ரான்ஸ்ப்யூஷன்—Blood Transfusion) என்று பெயர். இவ்வழி முதலில் கையாளப்பட்ட காலத்தில், சில சமயங்களில், ஆபத்துக்குட்பட்டிருந்தவர் ஆச்சரியகரமானவாறு பிழைத்தெழுந்தனர். ஆனல் சில சமயங்களில், ஆபத்திலிருந்தவர் சட்டெனச் செத்தனர். இப்படி, உடனே இறந்தவரின் உடற்களை, மரணப் பரிசோதனை செய்தபோது, அவர் உடலில் புகுத்தப்பட்ட இரத்தமும், அவரது இரத்தமும் சேர்ந்து உறைந்து கட்டியாயிருந்தன, எனக், காணப்பட்டது. எனவே, இரத்தவோட்டம் தடைப்பட்டு, ஆபத்திலிருந்தவன் இறந்துவிட்டான், என அறியப்பட்டது. இவ்விஷயத்தைப்பற்றி மேலும், பல ஆராய்ச்சிகளைச் செய்து தெரியற்செய்கையோர் பின் வரும் விஷயங்களைக் கண்டுபிடித்திருக்கிருர்கள்.

இரத்தமெடுத்துப் பாய்ச்சுதல் (பிளட் ட்ரான்ஸ் ப்யூஷன்)

எல்லா மக்களும் அவரவர்களுடைய இரத்தங்களின் பான்மைகளையொட்டியவாறு, முறையே, நான்கு வகுப்புகளின்பாற்பட்டவாறுள்ளனர். அவ்வகுப்புகள், AB-தொகுதி, A-தொகுதி, B-தொகுதி, O-தொகுதி யென்பவை. AB-தொகுதியிலுள்ளவர்களின் இரத்தம், AB-தொகுதியினரைத்தவிர, மற்ற எல்லாத் தொகுதியினரின் இரத்தத்துடன் சேர்ந்தால், உறைந்துவிடும். A-தொகுதியினரின் இரத்தம், AB-தொகுதி, B-தொகுதி இவற்றிலுள்ளவரின் இரத்தத்துடன் சேர்ந்தால் உறைந்துவிடும். B-தொகுதியாரின் இரத்தம், AB-தொகுதியிலும் A-தொகுதியிலும் உள்ளவரின் இரத்தத்துடன் சேர்ந்தால் உறைந்துவிடும். O-தொகுதியிலுள்ளவரின் இரத்தம் எவ்விரத்தத்துடன் சேர்ந்தாலும் உறையாது. O-தொகுதியாரின் இரத்தத்தை AB-தொகுதியினரின் உடலினுள் செலுத்தினல், கட்டி கட்டாது; ஆனல், AB-தொகுதியினரின் இரத்தத்தை O-தொகுதியினரின் உடலினுள் செலுத்தினல் கட்டி கட்டிவிடும். ஆகவே, AB-தொகுதியாரின் இரத்தம் AB-தொகுதியாருக்கு மட்டுமே பயன்படும்; A-தொகுதியாரின் இரத்தம், A-யினருக்கும், O-யினருக்கும் பயன்படும்; B-யினரின் இரத்தம், B-யினருக்கும், O-யினருக்

இரத்தப்பான்மை வகைகளும் அவற்றையொட்டிய நான்கு தொகுதிகளும்

கும் பயன்படும். O-தொகுதியாரின் இரத்தம், எவ்வாறான அபாயமுமின்றி யாருக்குள் வேண்டுமாயினும் செலுத்தப்படலாம். ஆதலின், O-தொகுதியினர், 'அடங்கல் அளிப்போர்' (யூனிவர்ஸல்டானர்கள்–Universal donors) எனப் படுகின்றனர். ஒருவர் எத்தொகுதியைச் சார்ந்தவர், என்பது, அவரது பரம்பரையையொட்டியுள்ளது. இரத்தத்தின் பான்மை பரம்பரையையொட்டி ஏற்படும் முறை இன்னதென்பதைத் திட்டமாய் தெரியற்செய்கையோர் கண்டுபிடித்துள்ளனர். உதாரணமாக, O-தொகுதியினராய் பெற்றோர் இருவரும் இருந்தால், பிள்ளை O-தொகுதியினதாக இருந்தே தீரும், AB-தொகுதியினரான இரு பெற்றோர்க்கு O-தொகுதியினதான பிள்ளை பிறக்காது, என்பவற்றைக் கூறலாம். இன்னும், இதைப்போன்றே, மற்றவகையான இணைவுகளும் அறியப்பட்டுள்ளன. இம்முறையையொட்டி, ஒருவரின் தந்தையோ, தாயோ இன்னாராய்த்தான் இருக்கவேண்டும் என நிர்ணயிக்க இயலாது; ஆனால், ஒருவரின் தந்தையாகவோ, தாயாகவோ, இன்னார் இருக்கமுடியாது, என, நிர்ணயிக்கலாம். இனி, இம்முறையையொட்டி, பல நாட்டு மக்களில், ஒவ்வொரு தொகுதியிலும், உள்ளவரின் சத வீதங்கள் எவ்வளவெனக் காணலாம். அதைக் கீழே காட்டியுள்ளோம்.

நாடு	சத வீதங்கள்			
	O-தொகுதி	A-தொகுதி	B-தொகுதி	AB-தொகுதி
மேற்கு ஐரோப்பியர்	47	43	7	3
கிழக்கு ஐரோப்பியர்	32	37	19	12
சிவப்பு இந்தியர்	92	7	1	0
கீழ்நாட்டு இந்தியர்	32	18	42	8

வெண்கார்புஸல்கள்

செங்கார்புஸல்களைத் தவிர, இரத்தத்தில் வெண்கார்புஸல்களும் உள்ளன. இவை நிறத்தினால் மட்டும், செங்கார்புஸல்களினின்று வேற்றுமையானவை அன்று; அவை தன்மையிலும் வேற்றுமையானவை. செங்கார்புஸல்களைப்போன்றவ்வளவு அதிகமாயுள்ளவையும் அல்ல. எண்ணூறு அல்லது தொளாயிரம் செங்கார்புஸல்களுக்கு, ஒரு வெண்கார்புஸல், வீதம், அவை, சராசரியாய் உள்ளவை. அவை இரத்தப் புரைகளுக்கு வெளியேயுள்ள 'ஊன்நார்ப் பிரிகளில்' (டிஷ்யூக்களில்) உண்டாகின்றன. ஆங்கிருந்து, அவை மயிரிழைக் குழாய்களின் (காபில்லரிகளின்) வழியே செல்கின்றன. அவை, சுயேச்சையான சிறு ஜந்துக்கள் போல் நடமாடுகின்றன. 'அமீபா' என்ற ஒரு-ஸெல் (யூனிஸெல்யூலர்) ஜந்துவைப்போல் பார்வைக்கு காணப்படுகின்றன. அவை, உடம்பின் பல பகுதிகளிலும் அலைந்துகொண்டிருக்கின்றன. உடலில் இருக்கக்கூடாத அன்னிய

வஸ்துக்கள் எவையேனுமிருந்தால், அவற்றைப் பிடித்து அழித்துவிடுவதே, வெண்கார்புஸல்கள் செய்கின்ற முக்கியமான காரியம். அவையே, உடலினுள் எவ்வாறாயினும் புகுந்துவிடும் விஷக்கிருமிகளைக்கொன்று அருந்திவிடுகின்றன; அழிவுற்ற ஸெல்களினாலான மலினங்களை அகற்றுகின்றன. உடலுக்குள், போர்வீரர்—போலீஸ்காரர்—தோட்டிகள் என்றவர் செய்யும் வேலைகளைச் செய்கின்றவை, வெண்கார்புஸல்களே. துருப்பிடித்து அழுக்கேறின ஆணி கையில் குத்திவிட்டால், என்னென்ன விஷயங்கள் நடக்கின்றன என்பதைக் கவனிப்போம் காயம்பட்ட இடத்திலுள்ள தோலைச்சார்ந்த சிறு இரத்தப் புரைகள் விரிகின்றன. அதனால், அவ்விடத்தில் இரத்தம் நிரம்புகின்றது; அது சிவக்கும். அழுக்கேறின ஆணியிலிருந்த விஷக்கிருமிகள் அவ்விடத்தில் புகுந்து, அதிகமாய்ப் பெருகுகின்றன. அப்பகுதியில் அலைந்துகொண்டிருக்கும் வெண் கார்புஸல்கள் காயம்பட்ட இடத்திற்கு ஓடுகின்றன. ஆங்குள்ள விஷக்கிருமி களையும் அழிந்த செல்களையும் உட்கொள்கின்றன. காயம்பட்ட இடம் சுத்த மாக்கப்பட்டு, முன்போலாகின்றது. ஆணி குத்தின இடத்தில், அழிந்த ஸெல் களும் விஷக்கிருமிகளும் அபரிமிதமாய் மண்டிவிட்டால், பலவாட்டங்களி னின்றும் வெண்கார்புஸல்கள் வந்து சேர்கின்றன. அழிந்த ஸெல்களையும் விஷக்கிருமிகளையும் அதிகமாய் அருந்தியதால், வெண்கார்புஸல்களும் நசிக் கின்றன. இப்படி நசித்த வெண்கார்புஸல்களும், அவையழித்த கிருமிகளும், அழிந்துபோன மற்ற ஸெல்களும் சேர்ந்து சீழ் உண்டாகின்றது; ஆணி கீறின இடத்தில் சீழ் பிடிக்கின்றது; அங்கே சீழ் கொப்புளம் தோன்றுகின்றது. அதை நீக்காவிட்டால், அதில் மேலும் கிருமிகள் அடைந்துப் பெருகலாம். அக் கொப்புளம் பாழடைந்த வஸ்துக்களாலான கோட்டை, எனலாம். அது கிருமி களுக்கு பாதுகாப்பளிப்பது. அக்கோட்டை இடிக்கப்படவேண்டும். அதா வது, சீழ் கொப்புளம், தானாகவே உடைபட்டோ, அன்றி நம்மால் கீறப் பட்டோ, அதிலுள்ள பாழும் பண்டங்கள் சீக்கிரமாய் அப்புறப்படுத்தப்பட வேண்டும்.

இரத்தத்திலுள்ள முக்கியமான பொருள்கள் சிலவற்றைப்பற்றி, இப் பொழுது சொல்வோம். அவை 'நுண்தட்டங்கள்' (பிளேடிலெட்டுகள்-Platelets) எனப்படுகின்றன. அவை செங்கார்புஸல்களின் அளவில் மூன்றி லொரு பங்களவினவை; பன்னிரண்டு செங்கார்புஸல்களுக்கு ஒரு பிளேடி லெட்டு வீதம், அவை உள்ளன. அவற்றைப்பற்றி, அதிகமாய் ஒன்றும் அறியப் படவில்லை. ஆயினும், இரத்தம் கசியும்போது, அது கட்டிக் கட்டுவதற்கு மூலமானவை, பிளேடிலெட்டுகளே, என, அறியப்பட்டுள்ளது. இரத்தத்தி லுள்ள 'பிப்ரினோஜன்' என்றது, இரத்தத்தைக் கட்டி கட்டச் செய்வது, என, முன்னரே கூறியுள்ளோம். இரத்தம் வழியும்போது, அதிலுள்ள பிளேடிலெட்டுகள், பல ரஸாயனப் பொருள்களாய்ப் பிரிகின்றன. இவை, பல ரஸாயன மாற்றங்களடைந்து, நீரில் கரையக்கூடிய 'பிப்ரினோஜனை' நீரில் கரைய இயலாத 'பிப்ரின்' என்ற பொருளாய் மாற்றுகின்றன. பிப்ரின் முதலில் கருஞ்சிவப்பு நிறமான

நுன்தட்டங்களும் (பிளேடிலெட்டு களும்) இரத்தம் கட்டி கட்டலும்

பாகுபோல் உள்ளது. பிறகு, அது இறுகி, கட்டியாகின்றது. இப்படி இரத்தம் சிந்தியவுடன், அது கட்டி கட்டி விடுவதால், மேலும் இரத்தம் கசிதல் நின்று விடும். பலரில், சீக்கிரத்தில் இரத்தம் கட்டிகட்டும். சிலரில் கட்டிகட்ட அதிக நேரமாகும். மிகச்சிலரில் கட்டியே கட்டுவதில்லை. இப்படியுள்ளவர்கள்,

இரத்தயொழிக்கிகள் (ஹெமோ பிலியாக்குகள்)

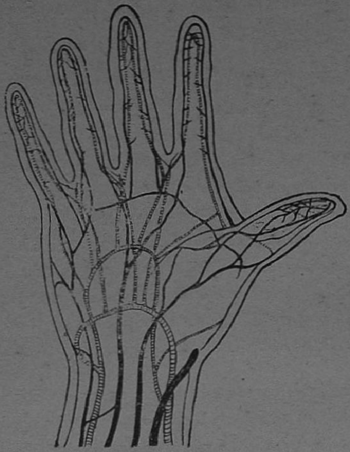
'இரத்தயொழிக்கிகள்' (ஹெமோபிலியாக்குகள்-Haemophiliacs) எனப்படுகின்றனர். இத்தன்மை, பரம்பரை வழியையொட்டித் தோன்றுவது. ஹெமோபிலியாக்குகள் எல்லோரும் ஆண்களே. பெண் ஹெமோபிலியாக்குகள் இல்லை. ஆனால் பெண்வழியே, அத்தன்மை ஒரு தலைமுறையினின்று மற்றொன்றுக்குத் தாவலாம். அதாவது, பெண்கள் 'செலுத்துவாரிகளாய்' (காரியர்கள்-Carriers) இருக்கலாம். துரதிருஷ்டவசத்தால், ஹெமோபிலியாக்காய்ப் பிறந்த ஒருவனுடலில் சிறு காயமொன்று ஏற்பட்டாலும், அதிலிருந்து மணிக்கணக்காய் இரத்தம் ஒழுகிக்கொண்டேயிருக்கும். இரத்த ஒழுக்கை எவ்வகையாலும் நிறுத்த முடியாது. அவன் தன் இரத்தத்தை எல்லாம் இழந்து, இறக்கவேண்டியதே. சில ஐரோப்பிய அரச வம்சங்கள், ஹெமோபிலியாக் பரம்பரையானவை.

இனி, உடலினுள் எல்லா பாகங்களுக்கும் இரத்தம் பரவுவதற்கான

இரத்தவோட்ட முறை

இரத்தவோட்டமுறை எவ்வாறானது என்பதைக் கவனிப்போம். இரத்தம் உடல் முழுதும் பாசனமாகின்றது. நாம் ஓய்ந்திருக்கும்போதுகூட, நமது உடலிலுள்ள இரத்தம் முழுதும், ஒவ்வொரு நிமிஷமும் ஒவ்வொரு தடவை இதயத்தின் வழியே, பாய்ந்தோடுகின்றது. நன்றாய்க் கசரத் செய்யும்போது, நிமிஷத்திற்கு 130 சேர் வீதம், இருதயத்தின் வழியே, இரத்தம் பாய்ந்துகொண்டிருக்கும். அதாவது ஓய்ந்திருக்கும்போது பாய்வதைவிட ஐம்மடங்கு அதிக வேகத்துடன் தீவிரமாய் வேலை செய்யும்போது, இரத்தம் ஓடிக்கொண்டிருக்கும். சாதாரணமான தண்ணீர்க் குழாய் ஒன்றை நன்றாய்த் திருப்பி விட்டிருக்கும்போது, அதிலிருந்து நிமிஷத்திற்கு 60 சேர் வீதம், நீர் கொட்டுகின்றது. இதைக்கொண்டு, நமது உடலினுள், இரத்தம் எவ்வளவு வேகமாய்ப் பாய்கின்றது, என்பதைக் காணலாம். உடலிலுள்ள எலும்பு-தசை என்ற எல்லாப் பகுதிகளிலுமுள்ள ஸெல்களுக்கு உணவையும் காற்றையும் எடுத்துச்செல்வதே, இரத்தம் செய்யும் முக்கியமான காரியம், என்று முன்பே கூறினோம். அப்பணியைச் செவ்வனே ஆற்ற வேண்டுமாயின், இரத்தம், ஒவ்வொரு ஸெல்லுக்கும் அருகில் செல்வதற்கான வழிகள் இருக்க வேண்டும். அவ்வாறான இடவைகள் உள்ளன. காபில்லரிகள் (Capillaries) என்ற, மயிரிழையைவிடப் பன்மடங்கு அதிக மெல்லிதான குழாய்கள் ஒவ்வொரு ஸெல்லுக்கும் செல்கின்றன. இவையெல்லாம் நாலாபக்கங்களிலும் சென்று, நெருக்கிப் பின்னப்பட்ட வலையைப்போல் அமைந்துள்ளன. காபில்லரிகளைக் கண்ணால் பார்க்க இயலாது. அவை மிகச் சிறியவளவாயிருப்பதால், அவற்றினூடே இரத்தம் வேகமாய்ப் பாயாது. ஆனால் அவற்றின் தொகை அதிகமாயிருப்பதால், ஒரு பெரிய தசையின் ஒவ்வொரு ஸெல்லுக்கும் இரத்தம் துரிதமாகவே பாசனமாகிவிடும். நமது உடலின் உறுப்பு ஒன்றில், இரத்தவோட்டம் எப்படி நடைபெறுகின்றது என்பதைப் பார்ப்போம். நமது

உறுப்புக்களிலொன்று கை. கையில் எப்படி இரத்தம் பாசனமாகின்றது என்பதைக் காண்போம். இரத்தம், இருதயத்திலிருந்து, ஆர்டரிஸ் (Arteries)



படம் 60—கைப்பகுதியில் இரத்தவோட்டம் நடைபெறல்
கருங்கோடுகள்—பாய்குழாய்கள் (Arteries)
இடைவெளியிட்ட கோடுகள்—வடி குழாய்கள் (Veins)

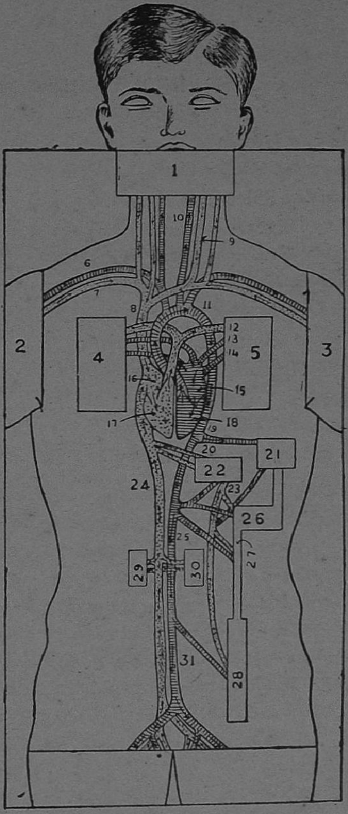
என்ற பாய்குழாய்கள் பலவற்றின் வழியே, மணிக்கட்டுப் பகுதிக்கு வருகின்றது. இரத்தம், இருதயத்திலிருந்து, ஆர்டரிகள் (Arteries) என்ற

கைப்பகுதியில் இரத்தவோட்டம் நடைபெறும் வழி

பாய்குழாய்கள் பலவற்றின் வழியே மணிக்கட்டுப் பகுதிக்கு வருகின்றது. அப்பகுதியினின்று சற்றுச் சிறியவையான ஆர்டரிகள் கிளைகிளையாய்ப் பிரிந்து, கைக்குள் செல்கின்றன; இவை இன்னுஞ்சிறிய ஆர்டரிகளாய்க் கிளை பிரிகின்றன. அவை சின்னஞ் சிறியவையாய்ப் பிரிகின்றன. இவ்வாறு ஆகிக்கொண்டுவந்து, இறுதியில், கண்ணுக்குத்தெரியாத காபில்லரிகளுடன் சேர்கின்றன. மணிக்கட்டுப் பகுதிக்கு வந்த இரத்தம் மேலே கூறப்பட்ட வகையிலான கிளை ஆர்டரிகளின் வழியே காபில்லரிகளினுள் பாய்ந்து, ஒவ்வொரு செல்லுக்கும் ஊணையும் காற்றையும் தருகின்றது. சின்னஞ்சிறு காபில்லரிகள் கூம்பிவந்துச் சற்றுப் பெரிய குழாய்களாய்ச் சேர்கின்றன. இவை சேர்ந்து சிறு வடிகுழாய்கள் (வெயின்கள்) அமைக்கப்படுகின்றன. சிறு வெயின்கள் ஒன்றுசேர்ந்து இன்னும் சற்று பெரிய வெயின்களாயாகின்றன. இப்படியே படிப்படியாகச் சேர்ந்து, மணிக்கட்டுப் பகுதியிலிருந்து இருதயத்திற்குச் செல்லும் பெரும் வெயின்களுடன் தொடுக்கப்படுகின்றன. இம்முறையை யொட்டியே, உடலிலுள்ள ஒவ்வொரு பாகத்திலும், காபில்லரிகள்-கிளை ஆர்டரிகள் முக்கிய ஆர்டரிகள் கிளை வெயின்கள்-முக்கிய வெயின்கள் என்றவற்றைக்கொண்ட இரத்தவோட்டக் குழாயமைப்புக்கள், உள்ளன.

இரத்தத்தின் சுற்றுப்பிரயாணம்

உடல் முழுமையிலும், இரத்தம் எப்படிச் சுற்றிப் பாய்ந்து வருகின்றது, என்பதை அறியலாம். இருதயமானது, நீரிறைப்பதற்காக உபயோகிக்கப்படுகின்ற பம்புகள் (Pumps) போன்று வேலை செய்கின்ற கருவிகள் இரண்டைக் கொண்டது. அதாவது, இருதயத்தை, இரண்டு பம்புகளாலான கருவி எனக் கருதலாம். அதன் வலப்புறத்தில் உடலில் பாவி வந்த இரத்தம் பாய்கின்றது. அப்படி வந்த இரத்தத்தில் ஆக்ஸிஜன் குன்றியிருக்கும்.



படம்—61. உடலினுள் இரத்தம் பாய்ந்துவரல்.

1. தலை 2, 3. கைகள் 4, 5. நுரையீரல்கள்
6. காறை ஆர்டரி (Subclaviar Artery)
7. ,, வெயின் (,, Vein)

8. மேற்புற முக்கிய வெயின் (Superior Venacava)
9. கழுத்து வெயின் (Jugulavein)
10. கழுத்து ஆர்டரி (Carotid Artery)
11. அயோர்டா (Aorta)
12. காற்று ஆர்டரி (Pulmonary Artery)
13. ,, வெயின் (,, Vein)
14. ,, ,, (,, ,,)
15. இடது ஆரிகிள் (Left Auricle)
16. வலது ,, (Right ,,)
17. ,, வெண்ட்ரிகிள் (Right Ventricle)
18. இடது ,, (Left ,,)
19. அயோர்டா (Aorta)
20. ஹெபாடிக்கு வெயின் (Hepatic Vein)
21. மண்ணீரல் (Spleen)
22. கல்லீரல் (Liver)
23. போர்டல் வெயின் (Portal Vein)
24. கீழ்ப்புற முக்கிய வெயின் (Inferior Vena Cava)
25. அயோர்டா (Aorta)
26. இரைப்பை (Stomach)
27. சிறுகுடல் (Small Intestines)
28. பெருகுடல் (Colon)
29, 30. குண்டிக்காய்கள் (Kidneys)
31. கிளை ஆர்டரி (Branch Artery)

எனவே, அது நுரையீரலுக்குச்சென்று, ஆக்ஸிஜன் நிரம்பியதாய், இருதயத்தின் இடது புறத்திற்கு வருகின்றது. அங்கிருந்து, அது, உடலின் முக்கிய ஆர்டரியான, 'உயர்புழை' (அயோர்டா–Aorta) யினுள் போகின்றது. அயோர்டோவினின்று, இரத்தம் பல தடங்களில் செல்கின்றது. ஒரு பகுதி கைகளுக்குப் பாய்ந்துவிட்டு வருகின்றது ; மற்றொரு பகுதி தலைக்குச் சென்றுவிட்டு இறங்குகின்றது ; மற்றுமொரு பகுதி குடலுக்குப்போய் ஊண் நிரம்பினதாய், கல்லீரல் (லிவர்) வழியே திரும்பி வருகின்றது ; இன்னொரு பகுதி குண்டிக்காய்க்கு (Kidney)ப் போய்க் கசடுகள் கழிக்கப்பட்டதாய் மீள்கின்றது ; இன்னுமொரு பகுதி கால்களுக்கிறங்கிப் பாய்ந்துவிட்டு ஏறுகின்றது. இவ்வாறு, இரத்தம், உடலின் பல பகுதிகளுக்கும் பாய்ச்சலாகி வடிகின்றது. இவ்வாறெல்லாம் சுற்றிவிட்டு வந்த இரத்தம் இருதயத்தின் வலப்புறத்திற்குப் போகின்றது. அங்கிருந்து, மேற்கூறியவாறு, நுரையீரலுக்குச் சென்றபிறகு, முன் பாய்ந்து வந்தது போலவே உடலைச் சுற்றிலும் பாய்ந்துவிட்டு இருதயத்திற்குத் திரும்பி வருகின்றது. இவ்வாறே, மீண்டும் மீண்டும் சுற்றுப்பிரயாணம் செய்துகொண்டேயுள்ளது. உடற்பகுதிகள் எல்லாவற்றிலுமுள்ள கோடிக் கணக்கான காபில்லரிகள் ஒவ்வொன்றினுள்ளும் இரத்தம்பாசனமாகவேண்டும்,

அப்படி இரத்தத்தைப் பீர்க்குவதற்கு, மிக்க வலிமை அவசியமாகின்றது. வலிமையுடன் அமுக்கி, காபில்லரிகளுக்குள் இரத்தத்தை உந்துவதற் கேற்ற வாறு, ஆர்டரிகள் அமைக்கப்பட்டவை. அவை, ரப்பரைப் போன்ற மீள் வலியுறுத்தும் (எலாஸ்டிக்-Elastic) பொருளால் செய்யப்பட்டவை. ரப்பரை சுலபமாய் அமுக்கலாம்; அமுக்கி விட்டபின், அதற்கு முன்னிருந்த நிலைமைக்கு மீள்கின்றது. அவ்வாறே அதை இழுத்துப் பின் விட்டால், அது முன்னிருந்த நிலைமையையடைந்துவிடும். இத்தன்மையுடனுள்ளவை, மீள்வலியுறுத்தும் (எலாஸ்டிக்) பொருள்கள் எனப்படுகின்றன. இவ்வாறு எலாஸ்டிக்கான ஆர்டரிகள் ரப்பர் குழாய்களைப்போன்று, சுலபமாய் அமுக்கப்படவும், நீட்டப் படவும் கூடும். ரப்பர் குழாயொன்றினுல், நீரை அமுக்கிச்செலுத்தினுல், அது உப்புகின்றது. பிறகு, அது தன் முன் நிலைமைக்கு மீளும்போது, அதிலுள்ள நீரை அமுக்கி உந்துகின்றது. இதைப் போன்றே ஆர்டரியிலும் நடைபெறு கின்றது. இருதயத்திலிருந்து ஓரளவான இரத்தம் ஆர்டரியொன்றினுள் பாய்ச்சப்படுகின்றது. அதனுல், ஆர்டரிகள் உப்பலாகின் றன. பிறகு அவை குறுகுகின்றன. அப்பொழுது, அவற்றிலுள்ள இரத்தம் அமுக்கப்பட்டு, முன்புறமாய் உந்தப்படுகின்றது. அங்கும், அவ்வாறே நடைபெறு கின்றது. அம்முறையை யொட்டியே, இரத்தம் ஆர்டரின் வழியே செலுத்தப் படுகின்றது. இருதயம், பம்புவைப்போன்றது, எனக் கூறியுள்ளோம். பம்பு ஒன்று வேலை செய்யும் முறையைப் பிறகு விரிவாய்க் கூறுவோம். பம்பிலுள்ள பீச்சான் (பிஸ்டன்-Piston) மேலுங்கீழுமாக போய்வந்துகொண்டிருக்கும், எனவும், அதையொட்டி, அதிலுள்ள தண்ணீர் அமுக்கப்பட்டும், அமுக்கம் விடப்பட்டும் வரும், எனவும், அதனுலேயே நீர் ஏற்றப்படுகின்றது எனவும், மட் டும், இங்கே குறிப்பிடுவோம். நீரேற்றுப்பம்புமுறையையொட்டி, இருதயத் திலும் இரத்தம் அமுக்கப்பட்டும், விடுக்கப்பட்டும், வருகின்றது. அதற்கேற்ப, ஆர்டரிகளிலுள்ள இரத்தமும் அமுக்கப்பட்டும், விடப்பட்டும், செல்கின்றது. அதனுல், ஆர்டரிகள், உப்பிக்குறுகி, உப்பிக்குறிகிக்கொண்டேயுள்ளன. ஆர்டரி களின் உப்பலும், குறுகலும், இருதயம் அமுங்குவதற்கும், விடப்படுவதற்கும் தொடர்பானவாறு நேரிடுகின்றன. அதாவது, இருதயத்தின் துடிதுடிப்புக்கு ஒத்தவாறு ஆர்டரிகளின் துடிதுடிப்பும் ஏற்படுகின்றன. நமது கையிலுள்ள ஆர்டரியின் மீது விரலைவைத்துப் பார்த்தால், அதன் துடிதுடிப்பை உணரலாம். அத் துடிதுடிப்புகளையே, நாம், 'நாடி அடித்துக்கொள்ளல்' (பல்ஸ் பீட்டுகள்-Pulse beats) என்கிறோம். வயதாக, ஆக, ஆர்டரிகளின் மீள்வலியுறுத்தியல் (எலாஸ்டிஸிடி-Elasticity) வரவரக் குறைந்துகொண்டே வரும். ஆதலின், இருதயம் இரத்தத்தை ஆர்டரிகளினுள் பாய்ச்சும்போது, அவை அதிகமாக உப்புவதில்லை. அதனுல்தான், வயதானவரின் நாடி தளர்ந்து போகின்றது. இன்னும் ஆர்டரிகளின் வழியே, இருதயம் இரத்தத்தை அமுக்குகின்றது. அவ் வமுக்கமே, 'இரத்தத்தின் அமுக்கம்' (பிளட் பிரஷர்-Blood Pressure) எனப் படுவது. அவ்வமுக்கத்தையொட்டியே ஆர்டரிகள் உப்புகின்றன, என மேலே

இரத்த அழக்கமும் நாடித் துடிப்பும்.

கூறினேம். ஆர்டரிகளின் எலாஸ்டிஸிடி நன்றாயுள்ளபோது, அது ஓரளவுக்கு உப்புகின்றது. வயதானபோது, அதன் எலாஸ்டிஸிடி குறைந்தபோது, அது அவ்வளவுக்கு உப்புவதில்லை. எனவே, அதையொட்டி, ஆர்டரியின் வழியே ஒவ்வொரு நிமிஷமும் செல்லும் இரத்தத்தின் பருமன் அளவு (வால்யூம்) குன்றா திருக்கவேண்டுமாயின், இரத்தத்தின் அமுக்கம் அதிகப்படவேண்டும். இவ்விதி யியல் முடிவையொட்டியே, வயதானவர்களின் இரத்த அமுக்கம் (பிளட் பிரஷர்) அதிகமாகின்றது. ஆர்டரியொன்று, எலாஸ்டிக்கு பொருளாலான பல படலங்கள் அடுக்கப்பட்ட குழாய், எனலாம். உடலிலுள்ள எல்லா ஆர்டரி களுக்குள்ளும், அதிக பெரிதானது, அயோர்டா. அதன் குறுக்களவு, சுமாராக, ஒன்றரை அங்குலமிருக்கும். தொடையிலுள்ள பீமோரல் ஆர்டரி, சுமாராக, அரை அங்குல குறுக்களவானது.

வெயின்கள், என்றவை, வடிகுழாய்கள். பாய்குழாய்களான ஆர்டர்களி னின்று, அவை, வேறுபட்ட வகையினவை. அவற்றின் வழியே வடியும் இரத்தம் அமுக்கத்திற்குட்பட்டதன்று. ஏனென்றால், தொடக்கத்தில் இருதயத் தால் பிரயோகிக்கப்பட்ட அமுக்கும் வலிமையெல்லாம். இரத்தத்தை காபில்லரிகளினூடே பீர்க்குவதில் செல வழிந்துவிடுகின்றது; காபில்லரிகளினின்று வடிந்து, வெயின்களுக்கு வரும் இரத்தம் அமுக்கமற்றிருக்கும். ஆதலின், அமுக்கத்தினுல் பாதிக்கப்படாத வெயின்கள், எலாஸ்டிக் பொருளால் அமைக்கப்பட்டவில்லை; ஆர்டரிகளைப்போன்றவ்வளவு வலிமையான பொருளா லானவையுமன்று. குழாயொன்றின் வழியே நீர் உறிஞ்சப்படுவதைப்போல, வெயின்களின் வழியே இருதயத்தால், இரத்தம் ஒருவாறு இழுத்துக்கொள்ளப் படுகின்றது. மேலும், வெயின்களில், வால்வுகள் (Valves) என்ற சாதனங்கள் உள்ளன. எதுவொன்றையும், குறித்த ஒரு வாட்டத்தில் மட்டும் போகவும், மற்ற வாட்டங்களில் போகவொட்டாதும் செய்வதற்கான சாதனங்கள், வால்வு கள். வெயின்களிலுள்ள வால்வுகள், இரத்தம், இருதயத்தை நோக்கிச் செல்ல வும், இருதயத்தினின்று செல்லவொட்டாதும், செய் பவை. நாம் கைகால்களை ஆட்டும்போது, நமது தசை கள் சுருங்குகின்றன. அப்படி, அவை சுருங்கும்போது, அவற்றின் அருகிலுள்ள வெயின்களை அமுக்குகின்றன. அப்போது அவற்றி லுள்ள இரத்தம் இருதயத்தை நோக்கி உந்தப்படுகின்றது; அது வேறு வழி களில் போகவொட்டாது, வால்வுகள் தடுக்கின்றன. இதனுல்தான், நமது உடலை வளைத்துத் தீவிரமாய் வேலைசெய்யும்போது, இரத்தவோட்டம் சிறப் பாய் நடைபெறுகின்றது.

வெயின்கள் என்ற வடிகுழாய்கள்.

வால்வுகள்.

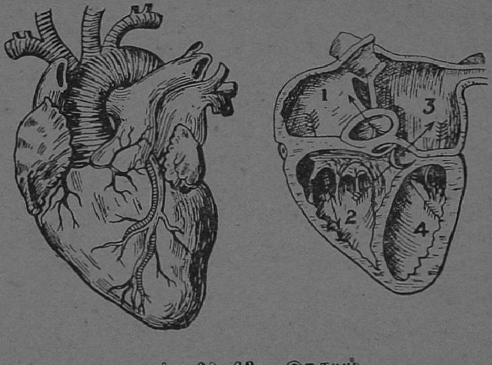
காபில்லாரிகளின் வழியே, இரத்தம் சென்று, ஸெல்களுக்கு ஊணையும் காற்றையும் அளிக்கின்றன, என, மேலே கூறினேம். ஆனல், ஸெல்களினுள் இரத்தம் பாய்வதில்லை; கொஞ்சம் பிளாஸ்மா மட்டும் ஸெல் சுவரின் ஊடே விரவுகின்றது. அப்பிளாஸ்மாவில் ஸெல்லுக்குத் தேவையான பொருள்கள் இருக்கும். ஸெல்லி

ஊநீர் (லிம்பு).

னுள் சென்ற பிளாஸ்மாவின் கழிவை மீளவும் கொண்டுவந்து சேர்ப்பதற்காக, பல வளவினவான குழாய்கள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. செல்லினின்று மீட்கப் பட்டு வருகின்ற திரவம், ஊநீர் (லிம்பு-Lymph) எனப்படுகின்றது. ஊநீர் (லிம்பு) பாய்கின்ற குழாய்கள், 'ஊநீர்வாரிகள்' (லிம்பாடிக்குகள்-Lymphatics) எனப்படுகின்றன. இவை, முதலில் ஒரு நுனி அடைப்பான மெல்லிய காபில் லரிகளாய்த் துவங்குகின்றன. அவற்றினின்று படிப்படியாய்ப் பெரிதாகிவரும் குழாய்கள் தொடர்கின்றன. ஊநீர் வாரிகள் (லிம்பாடிக்குகள்), உடலின் பல பகுதிகளினின்றும் வருகின்றன. அவை எல்லாம் பெருங்குழாயொன்றுடன் கூடு கின்றன. அப்பெருங்குழாய், கழுத்தினடியிலுள்ள பெரும் வெயினொன்றுடன் சேர்கின்றது; இவ்வெயினுக்குப் போகும் வழியில், 'ஊநீர்ப்பிரித்திகள்' (லிம்புகிளாண்டுகள்-Limph glands) என்ற கிரந்திகளினூடே செல்கின்றது. தாடையைத் தடவினோமாயின், அதில் சில கட்டிகளுள்ளதை உணரலாம். அவையே, ஊநீர்ப்பிரித்திகள் (லிம்புகிளாண்டுகள்). அவை ஊநீர் (லிம்பு) வடி கட்டிகள். ஊநீரில் (லிம்பில்) விஷநீர் எந்நிமித்தமாயினும் கலந்துவிட்டால், 'ஊநீர்ப்பிரித்திகள்' (லிம்புகிளாண்டுகள்) அவ்விஷ நீரை வடிகட்டி அகற்றி விடுகின்றன. அப்போது அவை, பெரியவையாயும், உணர்ச்சிக்கு மெதுவாயும், உள்ளன. எனவே, அவை, இரத்தத்தில், விஷநீர் கலவாதவாறு காக்கின்றன.

இருதயம்.

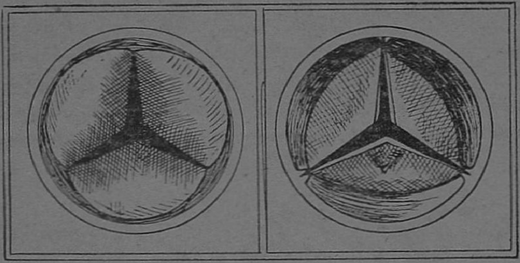
இருதயம் இரு பம்புகளையொத்த அமைப்புகளைக் கொண்டது, என மேலே கூறினோம். ஆனால், அதில், நாம் நீர் இறைக்க உபயோகிக்கும் பம்புகளிலுள்ள பீச்சான்-குழல் என்றான பகுதிகள் இல்லை. அது, பார்வைக்கு, இரண்டு பைகள் தொடுக்கப்பட்டதைப்போலிருக்கும். அப்பைகள், சுருங்கி-விரிந்து, சுருங்கி-விரிந்துகொண்டேயுள்ளன. அதாவது, அவை, விட்டு விட்டுச் சுருங்குகின்றன;



படம்—62, 63. இருதயம்.

1. வலது ஆரிகிள்
2. வலது வெண்ட்ரிகிள்
3. இடது ஆரிகிள்
4. இடது வெண்ட்ரிகிள்

முதலில் சுருங்கும்; பிறகு விரியும்; பிறகு சுருங்கும்; அதன்பின் விரியும்—அவ்வாறு செய்துகொண்டேயிருக்கும். பை சுருங்கும்போது, அமுக்கம் பிரயோகிக்கப்படும்; விரியும்போது அமுக்கம் விடுபடும். நாம் நீர் இறைக்க உபயோகிக்கும் பம்பில், பீச்சான் (Piston) மேலுங்கீழுமாய் ஆட்டப்படுகின்றது. அதையொட்டி, குழலில் (Cylinder) அமுக்கம் பிரயோகிக்கப்படலும்-விடுபடலும், ஏற்படுகின்றது. எனவே, இருதயம் வேலைசெய்யும் முறையும், பம்பு வேலைசெய்யும் முறையும், ஒரே தெரியற்செய்கை விதிக்கிரமத்தின்பாற்படுபவை. இருதயத்து இரு பைகளில், ஒவ்வொன்றிலும் இரத்தம் உள்ளே போகமட்டும் விடுகின்ற உட்போக்கு (இன்லெட்டு-Inlet) வால்வுகளும், வெளியே மட்டும் போக விடுகின்ற வெளிப்போக்கு (அவுட்லெட்டு-Outlet) வால்வுகளும், முறையே உள்ளன. அவ்வால்வுகள் பின்வருமாறு அமைக்கப்பட்டவை. வால்வு ஒன்று, ஊன் நார்ப்பிரி (டிஷ்யூ)யினாலான மடிப்புகள் சிலவற்றைக்கொண்டது. அம்மடிப்புகள் பிரிந்துள்ளவை. ஆனால், அவை கூடிப் பொருந்தவும் இயலும். அவை ஒன்றாய்ச் சேர்ந்துப் பொருந்தியுள்ளபோது, அவற்றிடை சந்து விழாமல் செப்பமாயுள்ளன. ஒரு வாட்டத்தினின்று அமுக்கப்பட்டால், அவ்வமுக்கம் அவற்றை ஒன்றாய்ப் பொருத்தி மூடிவிடும். எனவே, அவ்வாட்டத்தினின்று இரத்தம் பாய்ந்தால், வால்வு மூடப்படும்; இரத்தம் வால்வைக் கடந்து செல்லமுடியாது தடைப்பட்டு நின்றுவிடும். எதிர்முகமாய் அமுக்கப்பட்டால், வால்வின் மடிப்புகள் விரிந்துவிடுகின்றன; வால்வு திறக்



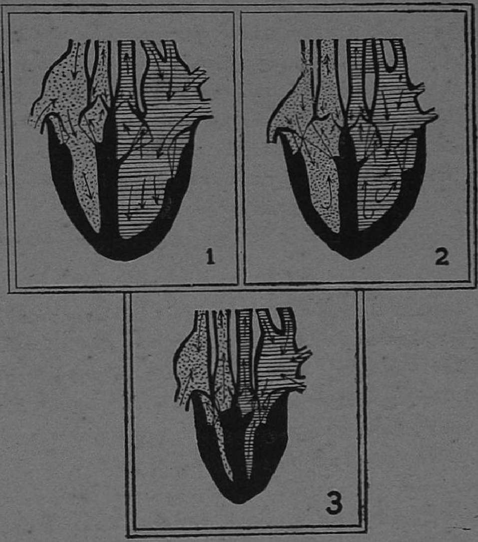
படம் 64, 65. இருதய வால்வுகள்.

கின்றது. அவ்வாட்டத்தினின்று பாயும் இரத்தம் வால்வின் வழியே செல்ல இயலும். இம்முறையையொட்டி, உட்போக்கு (இன்லெட்) வால்வுகள், இரத்தம் உள்ளே போகவும், வெளியே போகவொட்டாதும், ஆனவாறுள்ளவை; வெளிப்போக்கு (அவுட்லெட்) வால்வுகளின் மடிப்புகள், இரத்தம் உள்ளே போகவொட்டாதும், வெளியே போகவும், ஆனவாறுள்ளவை.

இனி, இருதயத்தின் காரியம் எப்படி நடக்கின்றது என்பதைப் பார்க்கலாம்.

இருதயம் தன் பணியாற்றல். இருதயத்தினுள் இரத்தம் வந்து கொட்டிக்கொண்டிருக்கும் நிலைமையினின்று தொடங்குவோம். அந்நிலைமையில் உள்விடு (இன்லெட்) வால்வுகள் திறக்கப்பட்டிருப்பன. இருதயம் விரிந்துகொண்டிருக்கும். அதன் வலப்புறத்தில், வெயின்களினின்று வரும் இரத்தம் பாய்ந்துகொண்டிருக்கும்; இடப்

புறத்தில் நுரையீரலினின்று இரத்தம் வந்துகொண்டிருக்கும். இருதயம் இரு பைகளைக்கொண்டது, என, மேலே கூறினோம். அவை, மேலுங்கீழுமாய் இருப்பவை. மேலுள்ளதற்கு வெளியூற்றுறை (ஆரிகிள் —Auricle) என்றும், கீழுள்ளதற்கு உள்ளூற்றுறை (வெண்ட்ரிகிள்—Ventricle) என்றும், பெயர். ஒவ்வொரு பையும் நடுவில் தடுக்கப்பட்டு, இருவிரு அறைகளாயுள்ளது. நாம் மேலே கூறியவாறு இரத்தம் கொட்டிக்கொண்டிருப்பது, வலது வெண்ட்ரிகிளிலும், இடது வெண்ட்ரிகிளிலுமாம். இந்நிலைமைக்கு 'வியல்-நிலைமை' (டயாஸ்டோல்—Diastole) என்று பெயர். பிறகு, ஆரிகிள்கள் சுருங்கத் துவங்கும். அவற்றிலுள்ள இரத்தம் அமுக்கப்பட்டு, வெண்ட்ரிகிள்களினுள் உந்தப்படும். இப்போது, வெண்ட்ரிகிள்கள் சுருங்கிக்கொண்டிருக்கா. இந்நிலைமைக்கு 'புரஞ்சிகல் நிலைமை' (ப்ரீஸிஸ்டோல்—Pre systole) என்று



படம் 66—68

இருதயம் தன் பணியாற்றல்

1. வியல் நிலைமை (Diastole). 2. புரஞ்சிகல் நிலைமை (Pre systole).
3. சிகல் நிலைமை (Systole)

பெயர். அதன்பின் வெண்ட்ரிகிள்களும் சுருங்குகின்றன. வெளிவிடு (அவுட்லெட்) வால்வுகள் திறக்கப்படுகின்றன. வலது வெண்ட்ரிகிளினின்று நுரையீரலுக்கும், இடது வெண்ட்ரிகிளினின்று உடலின் சுற்றுப்பிரயாணத்திற்கும்,

இரத்தம் செல்கின்றது. இந்நிலைமைக்கு 'சிகல் நிலைமை' (ஸிஸ்டோல்—Systole) என்று பெயர். இந்நிலைமையிலுள்ளபோதே, ஆரிகிள்கள் விரியத் துவங்குகின்றன; உடனேயே வென்ட்ரிகிள்களும் விரிகின்றன. அவை விரிந்துகொண்டிருக்கும்போது, அவற்றினுள் வெயின்களினின்று இரத்தம் பாய்ந்துகொண்டிருக்கும். இங்ஙனம், இருதயம் வேலை செய்யும் ரீதி, அலை செல்லும் ரீதியை யொத்துள்ளது. அலை யெழுந்து கொண்டே வருகின்றது; பிறகு தாழ்கின்றது. அதைப் போலவே, ஆரிகிள்கள் சுருங்கத் துவங்கும். (2-ம் நிலைமை) நிலைமையிலிருந்து, அவை சுருங்கிக்கொண்டே வந்து, வென்ட்ரிகிள்களும் சுருங்கி (3-ம் நிலைமை), பிறகு, இருதயம் விரிகின்றது. (1-ம் நிலைமை). இருதயம் சுருங்கிக்கொண்டே வருவது, அலை எழுந்துகொண்டே வருவதுபோலுள்ளது. இருதயம் விரிதல் அலை தாழ்வதை ஒத்தது. இம்முறையில், இருதயம் ஓய்வின்றி நூறாண்டுகள் வேலை செய்யலாம். ஒரு சுருங்கல் அலைக்கும், அடுத்ததற்கும் இடையில் மிகமிகச் சிறிதளவான ஓய்வு நேரம் உள்ளது, எனலாம். இவ்வோய்வே அது இளைப்பாறுவதற்குப் போதும் போல் தோன்றுகின்றது. இருதயத்தை இயக்கும் தசை, கார்டியாக் (cardiac) தசை எனப்படுவது. அதற்கும் இரத்தம் பாசனமாகவேண்டும். கரானரிகள் (curonaries) எனப்படும், சின்னஞ்சிறு பக்கவாட்ட ஆர்டரிகள், அயோர்டாவி னின்று இருதயத் தசைக்கு இரத்தத்தைக் கொணர்கின்றன. இவ்விரத்தம் அத்தசையில் பாவிப் பாய்ந்த பிறகு, இருதயத்தின் வலப்புறத்திற்குப் போகின்றது.

இருதயத் துடிப்பு அலை.

இரத்த வோட்ட வேகம் எப்போதும் ஒரே அளவானதன்று. உடலின் காரியங்களுக்குத் தேவையான ஆக்ஸிஜன், ஒருவன் ஓய்ந்துள்ளபோது, நிமிஷத்திற்கு 1 சேர். அவனே, தீவிரமாய்க் கஸரத் செய்துகொண்டிருந்தால், நிஷத்திற்கு 6 சேர், ஆக்ஸிஜன் அவனுக்கு வேண்டியிருக்கும். இவ்வளவான ஆக்ஸிஜனை அவனது டிஷ்யூக்களுக்கு அனுப்ப ஒரு வழிதான் உண்டு. அது, இரத்தவோட்ட வேகத்தை அதிகரித்தல், என்பதே. இரத்தவோட்ட வேகத்தை அதிகப்படுத்துவதற்கு, இருதயத்தின் துடிதுடிப்புகள் துரிதப்படவேண்டும். ஒருவன் சும்மாயிருக்கும்போது, இருதயம், சுமாராக, நிமிஷத்திற்கு, எழுபது தடவைகள் வீதம் துடித்துக்கொண்டிருக்கும். அவனே, முனைந்து கஸரத் செய்யும்போது, துடிதுடிப்புகளின் வீதம் அறுமடங்கதிகமாக வேண்டும். அதாவது, நிமிஷத்திற்கு, நானூற்றிருபது தடவைகள் வீதம் இருதயம் அடித் துக்கொண்டிருத்தல், அவசியமாகின்றது. இவ்வாறு, எழுபதினின்று நானூற்றிருபது வரை வேறுபடும் துடிதுடிப்பெண்களுக்கேற்றவாறு, இருதயமும் இணங்கி சரிக்கட்டிக்கொண்டு வாவேண்டும். உடலின் தேவைகளுக்கு உடன்பட்டு வேலை செய்வதற்காக, அத்தேவைகளை உணர்த்தும், இரு

இருதயத் துடிப்பின் வேக விதம்.

நரம்புகள் இருதயத்துடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளன. அவை திரிதரு (வேகஸ் —Vagus) நரம்பு, இயைவு-தரு (ஸிம்பதடிக்—Sympathetic) நரம்பு, எனப் படுபவை. வேகஸ் நரம்பு இருதயத் துடிதுடிப்பு குறைக்கப்படவேண்டிய நிலைமையை உணர்த்தி, இருதயத்தை உடன்படச் செய்வது. ஸிம்பதடிக் நரம்பு, இருதயத் துடிதுடிப்பை அதிகப்படுத்த, உள்ளது. இவ்விரு நரம்புகளும் மூளையின் கீழ்ப்பகுதியினின்று ஆரம்பமாகின்றவை. எனவே, இருதயம், சாதாரணமாக, இன்வாலண்டரி தசையொன்றை மூலமாய்க்கொண்டு வேலை செய்தாலும், அது, நமது எண்ணத்திற்குடன்பட்டு, வேகமாகவோ, மெதுவாகவோ, துடிதுடிக்குமாறும், உள்ளது. பயம்—கோபம்—கவலை—ஆச்சரியம்—பரிவு, —இன்னோரன்னவற்றின் நிமித்தம், இருதயத் துடிதுடிப்பு வேகம் மாறுமென்பதை நாம் அறிவோம். திடுக்கிட்டு மூர்ச்சித்து விழும்போது, இருதயத் துடிதுடிப்பு வேகம் மிகவும் குறைந்துவிடுகின்றது; நின்றுவிட்டாலுங்கூட நின்றுவிடலாம். உணர்ச்சி மேலீட்டால், இருதயம் படபடவென்று வெகு வேகமாய் அடித்துக்கொண்டிருக்கும் என்பதையும், நாம் அனுபவத்தில் கண்டிருக்கிறோம். இவ்வாறான முறையையொட்டி மட்டுமின்றி, இன்வலாலண்டரி முறையையொட்டி, இருதயத் துடிதுடிப்பு வேகத்தினளவு தக்கவாறு சீர் கட்டப்பட்டுவருவதற்கான சூத்திரங்களும் உண்டு. அவை, சந்தர்ப்பத்தை யொட்டி, தாமே யியங்கும் (ஆடோமாடிக்—Automatic) வகையினவை. மற்றவற்றால் நடத்தப்படாமல், பிரமேயத்திற்கேற்றவாறு, தம்மைத்தாமே நிலாக்கிக்கொள்கின்றவை, 'தம்மியக்க ஆதிக்கம்' (ஆடோமாடிக் கண்ட்ரோல்—Automatic control) கொண்டவை எனப்படுகின்றன. இருதயத்துடன் தொடர்புகொண்ட ஆடோமாடிக்கு கண்ட்ரோல்கள் உண்டு. ஆர்டரிகள் சிலவற்றிலும், வெயின்கள் சிலவற்றிலும் ஏற்படுகின்ற அமுக்கம், இருதயத்துடன் தொடர்பான நரம்புகள் சிலவற்றைப் பாதிக்கின்றது. கழுத்தின் பெரும் ஆர்டரிகள் ஒன்றிலுள்ள

தம்மியக்க ஆதிக்க முறை. (ஆடோமாடிக் கண்ட்ரோல்)

'கோராடிட் ஸினஸ்' (Carotid sinus) எனப்படும் சிறு பை ஒன்றில் இரத்த அமுக்கம் குறைந்துவிட்டால், ஒரு நரம்பின் ஆடோமாடிக் இயக்கத்தின் நிமித்தம், இருதயம் வேகமாய்த் துடிதுடித்து, இரத்த அமுக்கம் சீரான அளவினதாகின்றது. எனவே, இருதயம் தக்க ரீதியில் துடிதுடிக்கும்படி செய்யப்படுகின்றது. நாம் கை-கால்களை ஆட்டி உதைத்துக்கொண்டு, கஸரத் செய்யும் போது, என்ன நடக்கின்றது என்பதைக் கவனிப்போம். தசைகள் சுருங்குகின்றன. அப்படி அவை சுருங்கும்போது, வெயின்களிலோடும் இரத்தம் விரைவாய்ப் பாய்கின்றது. வெயின்களில் இரத்தவமுக்கம் அதிகப்படுகின்றது. இருதயத்துடன் தொடர்பான நரம்புகள் இன்னும் பல உண்டு. அவற்றின் பாற்பட்ட விஷயங்கள் பலவும் அறியப்பட்டுள்ளன. இருதயம் வேலை செய்யும் போது, அதன் சுருங்கல் அலையின் துட்பங்கள் ஒவ்வொன்றும் கிட்டமாய்

அறியப்பட்டுள்ளன. அவற்றையெல்லாம் குறித்து நாம் இங்கு எடுத்துக் கூற, இடமில்லை. இருதய ரீதியான விஷயங்கள் பலவற்றையும், இருதயவியல் நிபுணர்கள் (Heart Specialists) கற்றவர்கள். அவர்களின் சிறப்புக்கு அவ்வாறு கற்றல் முக்கியமாகின்றது.

இருதயத்தின் வலப்புறமிருந்து இரத்தம் நுரையீரலுக்குப் பாய்கின்றது என, மேலே கூறினோம். அப்படிச் செல்லும் இரத்தம், வெயின்களினின்று வரும் இரத்தம், பச்சை கலந்த மங்கிய சிவப்பு நிறமாய் அதிலுள்ள ஹெமோகுளோபின்கள், நுரையீரலில் ஆக்ஸிஜன் நிரம்பினவாகி, செக்கர் சிவப்பாய் பளபளப்பாயுள்ள ஆக்ஸிஹெமோகுளோபின்களாய் மாறுகின்றன. அவ்விரத்தத்தை, இருதயம் உடலினுள் பாய்ச்சுகின்றது.

இரத்தம் காற்றூட்டமாதல் (ஏரேட்டாதல்).

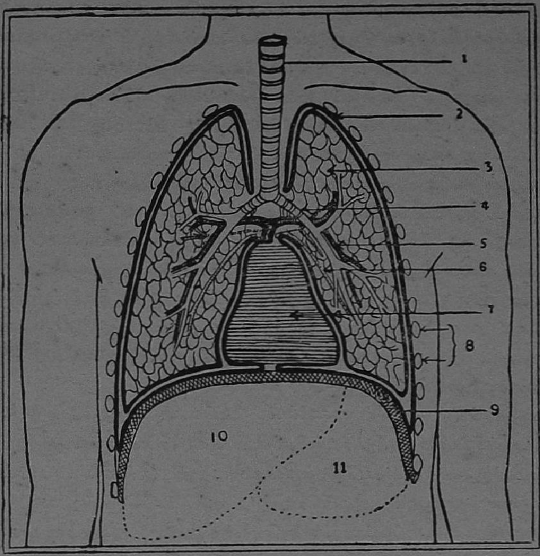
உடலின் டிஷ்யூக்களில் ஆக்ஸிஹெமோகுளோபினிலுள்ள மிகை ஆக்ஸிஜன் அகற்றப்படுகின்றது. அந்த ஆக்ஸிஜன் இரத்தத்தின் பிளாஸ்மாவில் கரைந்து, காபில்லரிகளின் வழியே, செல்களுக்கு விரவுகின்றது. செல்கள் அவ்வாக்ஸிஜனை பல வகையான ரஸாயனப் பொருள்களுடன் கலக்குமாறு செய்கின்றன. அதையொட்டி விளையும் ரஸாயன மாற்றங்களினின்று சக்தி வெளிப்படுகின்றது. ரஸாயன மாற்றங்கள் நடந்தேறி முற்றுப்பட்ட பிறகு, எஞ்சும் பொருள்கள், நீரும் கார்பன்டை ஆக்ஸைட் என்ற வாயுவும். கார்பன்டை ஆக்ஸைட், டிஷ்யூத்திரவங்களில் கரைகின்றது; கரையுண்டவாறே காபில்லரிகளினுள் மீண்டும் விரவுகின்றது. கார்பன்டை ஆக்ஸைட் கரைந்துள்ள அத்திரவங்கள் இரத்தத்துடன் சேர்ந்து, வெயின்களின் வழியே, இருதயத்தின் வலப்புறவறையினுள் வடிந்து, பிறகு, நுரையீரலுக்குச் செல்கின்றன. நுரையீரலினூடே, கார்பன்டை ஆக்ஸைட் உடலினின்று வெளியேறுகின்றது; உள்ளே வரும் காற்றிலுள்ள ஆக்ஸிஜன் அவ்விரத்தத்தில் கலக்கின்றது. இவ்வாறு, ஆக்ஸிஜனுள்ள காற்றை உள்ளே வாங்குவதற்கும், உள்ளேயுள்ள கார்பன்டை ஆக்ஸைடை வெளியே அனுப்புவதற்கும், சாதனமான கருவி, 'நுரையீரல்' (Lung) எனப்படும்.

உள்ளே இழுக்கப்படும் காற்றும், இருதயத்திலிருந்து வரும் இரத்தமும் நெருங்கிச் சேரும்படி செய்வதற்கேற்றவாறு நுரையீரல் அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

நுரையீரலும், மூச்சுறுப்புகளும்.

நுரையீரலுக்கு வரும் இரத்தம், எப்பொழுதும், காற்றைப் பெற்றுக்கொண்டும், கார்பன்டை ஆக்ஸைடை விலக்கிக்கொண்டும் இருக்கின்றமையின், காற்று உள்ளே வந்துகொண்டும் கார்பன்டை ஆக்ஸைட் வெளியே போய்க்கொண்டும் உள்ளன. வாய் வழியாகவேனும், மூக்கு வழியாகவேனும், உடலினுள் காற்று நுழையலாம். காற்று நுழைவதற்கென ஏற்பட்ட உறுப்பு, மூக்கு; அதிகமாய்க் காற்று வேண்டப்பட்டபோதே, வாயும் உபயோகப்

படுகின்றது. மூக்குத் துவாரம், அதற்குத் திறப்பாயுள்ள குறுகலான சிறு உள்ளறைக்குள் காற்று புகுவதற்கான நுழைவாயில். உள்ளறையின் உட்பக்கம்



படம் 69

நுரையீரல்கள்

1. மூச்சுக் குழாய்.
2. புளூரா (Pleura).
3. நுரையீரல்.
4. கிளைக்குழாய்கள் (Bronchi).
5. காற்று ஆர்டரி (Pulmonary Artery
6. காற்றுவெயின் (Pulmonary Vein).
7. இருதயம்.
8. பழுவெலும்புகள்.
9. டயாப்ரம்.
10. கல்லீரல்.
11. இரைப்பை.

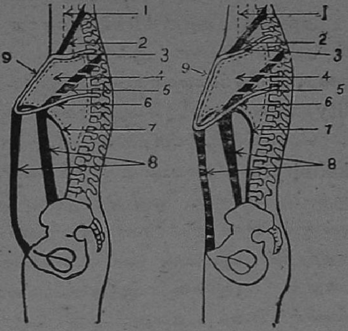
முழுதும், வெதவெதப்பாயும், சற்று ஈரப்பற்றுடனும் உள்ள மெல்லிய ஜவ்வு படர்ந்ததாய் உள்ளது ஆதலின் அதனுள் புகும் காற்று சற்று ஈரப்பற்றுயும், சற்று வெப்பமாயும் ஆகின்றது. அதிலுள்ள தூசி முதலானவையும் சற்று அகற்றப்படுகின்றன. அதன் பிறகு, அக்காற்று அகலமானதொரு குழாய்க்குள் போகின்றது. அக்குழாய், 'மூச்சுக்குழாய்' (ட்ராகியா—Trachea) எனப்படுவது. மூச்சுக்குழாய் (ட்ராகியா) வழியே சென்று குரல்வளை (Voice-box) யின் வழியே அக்காற்று செல்லும். மூச்சுக்குழாய் (ட்ராகியா), சாகைக்

குழாய்கள் (ப்ரான்கைகல்—Bronchi) எனப்படும் இரு கிளைக்குழாய்களாய்ப் பிரிகின்றது. சாகைக்குழாய் (ப்ரான்கை) ஒவ்வொன்றும், முறையே, ஒவ்வொரு நுரையீரலுக்குச் செல்வது. ட்ராகியாவும், நுரையீரல்களும் உடலில் பொருந்தியுள்ள போதான தோற்றம், தலைகீழாய் நிற்கும் மரமொன்றினதைப் போன்றுள்ளது. ட்ராகியா, அடி மரத்தை ஒத்திருக்கும். நுரையீரல்களிலுள்ள சிறு குழாய்கள் மரத்தின் கிளைகளைப்போல் தோன்றும். நுரையீரல்களிலுள்ள குறுங்கண்ணிகள் (ஆல்வியோலிகள்—Alveoli) எனப்படும் சின்னஞ்சிறு காற்றுக்கூடுகள், இலைகளைப்போல் காணப்படும். இக்காற்றுக் கூடுகள், தேன் கூட்டின் அறைகளுள்ளவாறு அமைந்துள்ளன. அச்சிறு கூடுகளின் தடுப்புகள், மிக மெல்லிய இரத்தப் புரைகளேயாம். அவ்விரத்தப் புரைகளினிடையில் உடற்பகுதியின் உயிர் ஸெல்களும் பரவியுள்ளன. அவ்வுயிர் ஸெல்களின் சுவர்களினூடே ஆக்ஸிஜனும் கார்பன்டை ஆக்ஸைடும் செல்லக் கூடும். காற்றுக் கூடுகளுக்கும் (ஆல்வியோலிகளுக்கும்) இரத்தத்திற்குமிடை, தடுப்பாயிருப்பவை, சின்னஞ்சிறு இரத்தப்புரைகளின் வெளிப்போர்வையான மென்படலமும் அதை மூடியுள்ள மெல்லிதழ்போன்ற ஜவ்வுமேயாம். மேற்கூறியவாறன அமைப்பை, 100–200 மடங்கு உருப்பெருக்கமாக்கிக் காட்டும் மைக்ராஸ்கோப்பின் வழியே காணலாம். அவ்வாறு காணும்போது, காற்றுக் கூடுகள் (ஆல்வியோலிக்கள்), காம்பினின்று தொங்கிக்கொண்டிருக்கும் கொடி முந்திரிப்பழக்குலையுள்ளதைப்போன்ற தோற்றத்துடனுள்ளதைப் பார்க்கலாம்; நுரையீரல்கள் முழுதும் ஆல்வியோலிக் குலைகளைக்கொண்டவை. மிகமிக நெருக்கமாய்ப் பின்னப்பட்ட வலையொன்றிலுள்ள அமைப்பைப்போன்று, ஆல்வியோலிக்களும் இரத்தப்புரைகளும் பின்னிக்கொண்டுள்ளன. ஆல்வியோலிக்கள் வலைக்கண்களைப்போன்று அமைந்துள்ளன. வலையின் நூற்பகுதிகளைப்போல், இரத்தப்புரைகள் குறுக்கும் நெடுக்குமாயும் ஓடியுள்ளன. இங்ஙனம், கிளைகிளையாய்ப் பிரிந்து செல்லும் காற்றுக்குழாய்களினாலும், காற்றுக் கூடுகளாலும், அவற்றிடை குறுக்கும் நெடுக்குமாய்ப் பரவியுள்ள இரத்தப்புரைப் பின்னலினாலும், நுரையீரல்கள் அமைக்கப்பட்டவை. அவற்றைச்சுற்றி இறுகப் போர்த்துள்ள உறுதியான உறையொன்றினுள், நுரையீரல்கள் பொருந்தியுள்ளன. அவ்வுறை சுருங்கவும், முன்போல் விரியவும் கூடும். அவ்வுறையின் மேற்புறத்தில் பழுவெலும்புகள் உள்ளன; கீழ்ப்புறத்தில், 'குறுக்குத் தடுப்பு' (டயாப்ரம்—Diaphragm) என்ற பெரும் தட்டைத் தசையுள்ளது. டயாப்ரம், உடலின் குறுக்கே முற்றும் பரவியது. ஆதலின், அது, உடலைக் குறுக்கையில், இரண்டாய்ப் பிரிக்கும் தடுப்பு எனலாம். நுரையீரல் உறையின் உட்பக்கம் முழுதும், ப்ளூரா (Pleura) என்ற மெல்லிய ஜவ்வு படர்ந்துள்ளது. இரு நுரையீரல்களுக்கும் நடுவிலுள்ள இருதயத்தையும் சுற்றி, ப்ளூரா, படர்ந்துள்ளது. இப்பகுதியிலுள்ள ஜவ்வுக்கு பெரிகார்டியம் (Pericardium) என்று பெயர். நுரையீரல்கள் இடைவெளிவிடாமல் சரிச்சீராய்ப் பொருந்தியுள்ள அவ்வுறை சுருங்கவும் விரியவும் கூடும். அது விரியும்போது, அதிலுள்ள

நுரையீரல்களும் விரிகின்றன; அப்போது, அவை காற்றை உள்ளே இழுக்கின்றன. உறை சுருங்கும்போது, நுரையீரல்கள் அமுக்கப்படுகின்றன; அதனால் அதிலுள்ள வாயுக்கள் வெளியேற்றப்படுகின்றன. உறை, விரிவதும் சுருங்குவதும் எந்நிமித்தம் என்பதைக் கவனிப்போம். டயாப்ரம், ஒரு பெரும் தசையென மேலே கூறினோம். ஆதலின், அது சுருங்கியலானது. அது சுருங்கும்போது நுரையீரலுறையின் கீழ்ப்பகுதியைக் கீழ் வாட்டமாய் இருக்கின்றது. கழுத்திலுள்ள ஸ்கெலீன் (Scalene) என்ற தசையும், பழுவெலும்புகளைச் சார்ந்த

மூச்சு வாங்கிவிடல்

சைகளும், மேல் வாட்டத்துப் பழுவெலும்புகளை மேல் நோக்கி இழுக்கின்றன. இப்படி, நுரையீரலுறை மேலிருந்தும் கீழிருந்தும் இழுக்கப்படும்போது விரிகின்றது. உறையைச் சுருங்கச் செய்வதற்கு, மேற்கூறப்பட்ட தசைகள் அவை சுருங்காதுள்ளபோதான நிலைமைக்கு மீள்கின்றன. வயிற்றின் முன்புறத்திலும், பக்கவாட்டங்களிலும் உள்ள பெருந்தசைகள் பழுவெலும்புக் கூட்டின் கீழ் ஓரங்களைக் கீழ் நோக்கி இழுக்கின்றன. அதனால் டயாப்ரம் விரிகின்றது.



படம் 70, 71

மூச்சுவிடலையொட்டி தசைகள் வேலை செய்யும் முறை

1. மூச்சுக்குழாய் (Trachea).
2. கழுத்துத் தசைகள் சுருங்கியிருத்தலும் எப்போதும்போலிருத்தலும்.
3. முதல் பழுவெலும்பு மேலுங்கீழுமாய்ப்போதல்.
4. நுரையீரல்.
5. இடையோரத்தசைகள் (Intercostal Muscles) சுருங்கலும் தளர்வாயிருத்தலும்.
6. ஏழாம் பழுவெலும்பு மேலுங்கீழுமாய்ப் போதல்.
7. டயாப்ரம் (Diaphragm) தசை.
8. வயிற்றுத்தசை (Abdominal Muscle) சுருங்கலும் தளர்தலும்.
9. மார்பெலும்பு.

நுரையீரலுறை சுருங்குகின்றது. நுரையீரல்கள் விரிந்து காற்று உள்ளே இழுக்கப்படுவதையே, நாம் 'மூச்சு வாங்குதல்' (இன்ஸ்பைரேஷன்—Inspiration) என்கிறோம். நுரையீரல்கள் சுருங்கி, அவற்றிலுள்ள வாயுக்கள் வெளியேற்றப்படுவதையே, நாம் 'மூச்சுவிடுதல்' (எக்ஸ்பைரேஷன்—Expiration) என்கிறோம். இவ்விரு நிலைகளும் ஒன்றின்பின்னொன்றாய் மாறி மாறி நடைபெறும் முறைமை, 'உயிர்ப்பு' (ரெஸ்பிரேஷன்—Respiration) எனப்படுகின்றது.

மூச்சின் வேகமும் இருதயத்துடிதுடிப்பு வேகமும்.

மூச்சு விடப்படும் வேகமும், இருதயத் துடிதுடிப்பின் வேகமும் தொடர்புடனுள்ளவை. இருதயம் அதிவேகமாய்த் துடிதுடித்தால், மூச்சும் துரிதமாய் விடப்படவேண்டும். இருதயம் சற்று தாமதமாகவே துடிதுடித்தால், சற்று நின்று மூச்சுவிடலாம். இருதயத் துடிதுடிப்பின் வேகம், எப்படித் தக்கவாறு சரிச்சிராக்கப்பட்டு வருகின்றது, என முன்னே கூறியுள்ளோம். அவ்வாறே, தருணத்திற்கேற்றவாறு, மூச்சின் வேகமும் சரிச்சிராக்கப்படுகின்றது. அதற்கான 'ஆடோமாடிக் கண்ட்ரோல்' (Automatic control) முறை, மிக அற்புதமானது. அது இரத்தத்தின் 'புளியவியல்' (ஆக்ஸிடிடி—Acidity) என்றதைப் பொருத்தவாறு மூச்சின் வேகத்தை ஒழுங்குபடுத்துவது. பொருள்கள், 'புளியவியல்' (ஆக்ஸிடிடி)—க்ஷாரவியல் (ஆல்கலினிடி—Alkalinity) என்றவையும் இன்னும் பலவிதத் தன்மைகளையும் பொருத்தவாறு, வகுக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு பொருளில் அத்தன்மைகள் எவ்வெவ்வளவாயிருக்கும் என்பதைத் தக்க ரஸாயனீய முறைகளைக் கையாண்டு அளவிடலாம். இரத்தத்தின் ஆஸிடிடி, அதில் கரைந்துள்ள கார்பன்டை ஆக்ஸைடினால் ஏற்படுவது. கார்பன்டை ஆக்ஸைட் கரைந்துள்ள நீர்தான், நாம் 'சோடாத் தண்ணீர்' எனக் கூறுவது. அது 'கார்பானிக் ஆஸிட்'. நமது இரத்தத்தின் ஆஸிடிடி, அதிலுள்ள கார்பானிக் ஆஸிடின் காரணமானது. இரத்தத்தில் கரைந்துள்ள கார்பன்டை ஆக்ஸைடின் அளவு அதிகமாயிருந்தால், அதன் ஆஸிடிடியும் அதிகமாயிருக்கும்; கார்பன்டை ஆக்ஸைடின் அளவு குறைந்தால், ஆஸிடிடியும் குறையும். இரத்தத்தின் ஆஸிடிடி ஓரளவைவிட

புளியவியல் (ஆஸிடிடி) சுதப்படுத்தி (ரெக்யூலேடர்)

அதிகமாகவாயினும், குறைவாகவாயினும், ஆய்விடாமல், சீராய் இருக்கும்படி செய்வதற்கான சாதனம் ஒன்று நமது மூளையில் உள்ளது. அது இரத்தத்தின் ஆஸிடிடியைத் தக்கவாறு ஒழுங்குபடுத்துகின்ற, 'சுதப்படுத்தி' (ரெக்யூலேடர்) எனலாம். கெடிகாரமொன்று சரிவர மணி காட்டாவிட்டால், அதைச் சரிப்படுத்துவதற்காக, அதன் பின்புறமுள்ள சிறு முள்ளொன்றைத் தக்கவாறு சற்று நகர்த்துகிறோம். அம்முள் கெடிகாரத்தின் 'சுதப்படுத்தி' (ரெக்யூலேடர்-Regulator) எனப்

படுகின்றது. நமது மூளையிலும், இரத்தத்தின் ஆவிடிடியைச் சீராய் வைத்துக் கொள்வதற்கான 'சுதப்படுத்தி' (ரெக்யூலேடர்) ஒன்று உள்ளது. நமது மூளையிலுள்ள 'புளியவியல் சுதப்படுத்தி' (ஆவிடிடி ரெக்யூலேடர்) தானாகவே வேலை செய்யும், 'தன்னியக்க சுதப்படுத்தி' (ஆடோமாடிக்கு ரெக்யூலேடர்); அது இரத்தத்தின் ஆவிடிடி தக்க சீராயில்லாவிடின், அதைத் தானே உணர்ந்து, ஆவிடிடியைச் சரிப்படுத்துவதற்கான பணிகளைச் செய்யும் உடற்பகுதிகளை, அப்படிச் செய்யுமாறு தூண்டுகின்றது. இரத்தத்தின் ஆவிடிடி அதிகமாயுள்ளது என 'சுதப்படுத்தி' (ரெக்யூலேடர்) உணர்ந்தால், அது, உடனே, டயாப்ரம் தசையை நன்கு சுருங்கி மீண்டு வேலை செய்யுமாறு, நரம்பொன்றின் மூலம் ஏவுகின்றது. டயாப்ரம் நன்கு வேலை செய்வதையொட்டி, நுரையீரல்கள் செம்மையாய் அமுக்கப்பட்டு, அவற்றிலுள்ள கார்பன்டை ஆக்ஸைட் அதிகமாய் வெளியேறுகின்றது. எனவே, இரத்தத்திலுள்ள கார்பன்டை ஆக்ஸைடின் அளவு குன்றி, அதன் ஆவிடிடியும் குறைகின்றது. இரத்தத்தின் ஆவிடிடி சீராகின்றது. இரத்தத்தின் ஆவிடிடி குறைவாயுள்ளது, என. 'சுதப்படுத்தி' (ரெக்யூலேடர்) உணர்ந்தால், டயாப்ரத்தைச் சற்று மிதமாய்ச் சுருங்கி மீளும்படி ஏவுகின்றது. இதனால், வெளியேறுகின்ற கார்பன்டை ஆக்ஸைடின் அளவு குறைகின்றது. இரத்தத்திலுள்ள கார்பன்டை ஆக்ஸைடின் அளவு அதிகமாகி, அதன் ஆவிடிடி சீராகின்றது. இரத்தத்தில் நேரிடுகின்ற ஆவிடிடி வேறுபாடுகள் மிகமிகச் சிறிதானபோதுங்கூட, அவற்றை, 'சுதப்படுத்தி' (ரெக்யூலேடர்) உணரவல்லது. அது உணரக்கூடிய நுட்ப வேறுபாடுகளை, ரஸாயனநிபுணர்கள் தமது மிகத் திட்டமான வழிகளாலும், நுட்பமறியும் கருவிகளைக்கொண்டும், கண்டறியமுடியவில்லை. நமது உடலிலுள்ள ஸெல்களில் எவையேனும் தீவிரமாய் வேலை செய்யும்போது, கார்பன்டை ஆக்ஸைட் மிகுதியாய் பயக்கப்படுகின்றது. அது, இரத்தத்தில் கரைந்து, அதை அதிக ஆவிடிக்காயாக்குகின்றது. மூளையிலுள்ள 'சுதப்படுத்தி' (ரெக்யூலேடர்) அதை உடனே உணர்ந்து, நுரையீரல்களை வேகமாய் வேலை செய்யும்படி ஏவுகின்றது. அதனால், நுரையீரலிலுள்ள கார்பன்டை ஆக்ஸைடின் அளவு குறைகின்றது; ஆக்ஸிஜனின் அளவு அதிகமாகின்றது. இரத்தத்தில் ஆக்ஸிஜன் மிகுதியாய்ச் சேர்கின்றது. அவ்விரத்தம் உடலினுள் பாய்ந்து, கடும் வேலை செய்து கொண்டுள்ள டிஷ்யூக்களுக்குத் தேவையானவளவு ஆக்ஸிஜனை அளிக்கின்றது. நுரையீரல்களும், துரிதமாய்ச் சுருங்கி மீள்வதால், அவற்றில் கார்பன்டை ஆக்ஸைட் அதிகமாய்த் தங்காது வெளியேறுகின்றது. ஒரு வேலையும் செய்யாமல் சும்மா உட்கார்ந்துகொண்டு, அதிவேகமாய் எவ்வளவு நேரம் மூச்சுவிட முடியுமென்று பாருங்கள். கால் நிமிஷம் வேகமாய் மூச்சு விட்டபின், நுரையீரல்களில் காற்று நிரம்பிவிடும்; கார்பன்டை ஆக்ஸைடும் அதிகமாய் வெளியேற்றப்பட்டு, அதன் அளவும் குறைந்துவிடும். நுரையீரல்களினுள் வரும் இரத்தத்திலிருந்து, கார்பன்டை ஆக்ஸைட் வேகமாய் அகற்றப்படுவதால், இரத்தத்தின் ஆவிடிடி குறைந்துபோகும். சுதப்படுத்தி (ரெக்யூலேடர்)

அந்நிலைமையை உணர்ந்து, நுரையீரல்களை மெள்ள மூச்சு விடும்படிக் கட்டளையிடும். நமது எண்ணத்திற்கு மாறாக, நம்மையறியாது, மெதுவாக மூச்சு விடத் தொடங்குவோம்; அடுத்த ஒரு நிமிஷத்திற்காவது மூச்சின் வேகம் தளர்ந்துவிடும். அதன் பிறகே, சாதாரணக் கிரமத்துடன் மூச்சுவிடுவோம்.

அமுக்கமும் வலிமையும்.

இருதயம் வேலை செய்யும் முறை, நீரிறைக்கும் பம்பு வேலை செய்யும் முறையை ஒத்தது எனக் கூறினோம். அதைப்பற்றி, இனி, சற்று விவரமானவாறு கவனிக்கலாம். இருதயம், முறையே, மாறிமாறிச் சுருங்கி விடுபடுவதால், அதிலிருந்து இரத்தம் உந்தப்படுகின்றது, எனக் கூறினோம். இரத்தம் அமுக்கப்பட்டுப் பாசனமாகின்றது. அவ்வமுக்கம், இருதயச் சுருங்கலால் ஏற்படுகின்றது. தசைகள் சுருங்குவதால், இருதயம் சுருங்குகின்றது. தசைகள் சுருங்கும்போது அவை ஒரு வாட்டத்திலேயே வலிமையைப் பிரயோகிக்கின்றன. ஆயினும், அவ்வலிமையால் இரத்தம் எல்லா வாட்டங்களிலும் அமுக்கப்படுகின்றது. ஆகவே, வலிமைப் பிரயோகத்தால் அமுக்கம் ஏற்படும் எனவும், பிரயோகத்திற்குத் தக்கவாறு, அமுக்கம், வலிமைப் பிரயோகிக்கப்படும் திக்கில் மட்டுமேயன்றி, மற்ற திக்குகளிலும் ஏற்படலாம், எனவும் காண்கிறோம். நமது உள்ளங்கையில் கனமான வஸ்துவொன்றை வைத்தால் கை அமுக்கப்படுகின்றது. அவ்வஸ்துவின் கனவலிமைப் பிரயோகிக்கப்படுவதால், கை அமுக்கப்படுகின்றது. ஆனால், அவ்வமுக்கம் வலிமைப் பிரயோகிக்கப்படும் திக்கில் மட்டுமே உள்ளது. இவ்வாறு, அமுக்கப்படும் பொருளின் இயல்பைப் பொருத்து, அமுக்கம், வலிமைப் பிரயோகிக்கப்படும் திக்கில் மட்டுமேயாயினும், அன்றி எல்லா திக்குகளிலாயினும், ஏற்படலாம், எனக் காண்கிறோம். ஆதலின், அமுக்கவியலைப்பற்றி மேலும் கூறுவதற்குமுன், பொருள்களின் தன்மைகள் சிலவற்றைப்பற்றிப் பொதுவானவாறு கூறுவோம்.

திட, திரவ, வாயுப்பொருள்கள்.

பொதுவாக, பொருள்கள், காற்றைப்போன்றுவது, நீரைப்போன்றுவது, கல்லைப்போன்றுவது, உள்ளன. காற்றைப்போன்றவை 'வாயுக்கள்' எனப்படுகின்றன; நீரைப்போன்றவை 'திரவங்கள்'; கல்லைப்போன்றவை, 'திடங்கள்'. ஒவ்வொரு வகைப் பொருள்களையும் பற்றி இனிக் கவனிக்கலாம்.

திடப்பொருள்கள்.

கல்லைப்போன்றுள்ளவை, 'திடப்பொருள்கள்' எனக் கூறினோம். அதாவது, அவை, கல்லைப்போன்று, நிலையானதோர் உருவத்துடனும், பருமனுடனும், நிறையுடனும் இருப்பவை. நெட்டி — மரக் கட்டை — இரும்பு — கண்ணாடி — இன்னோரன்னவை, திடங்கள். நெட்டியை வெட்டி நிலையான உருவம் செய்யலாம். அதற்குத் திட்டமான பருமன் உண்டு; நிறையும் உண்டு. அவ்வாறே,

மேலே கூறப்பட்ட மற்ற பொருள்களும் உள்ளவை. அவற்றை ஒப்பிட்டு, நெட்டி லேசாய் இருக்கிறது எனவும், இரும்பு கனமாயுள்ளது எனவும், கூறுவது வழக்கம். அப்படிக் கூறும்போது, ஒரே பருமனுள்ள நெட்டித்துண்டையும், இரும்புத் துண்டையும் ஒப்பிட்டுப்பார்க்கிறோம் என்பதைச் சொல்லாமலே குறிப்பிடுகிறோம். ஏனென்றால், பெரிய நெட்டித்துண்டு ஒன்றையும் சிறிய இரும்புத் துண்டு ஒன்றையும் தராசில் போட்டு நிறுத்துப் பார்த்தால், நெட்டித் துண்டுள்ள தட்டு கீழே இறங்குவதைக் காணலாம். அதாவது அந்நெட்டித் துண்டின் நிறை, இரும்புத் துண்டின் நிறையைவிட அதிகமாயுள்ளது. இப்பொழுது நெட்டித்துண்டு கனமாயும் இரும்புத் துண்டு லேசாயும் உள்ளனவெனவே காண்கிறோம். ஒரு பெரிய இரும்புத் துண்டு கனமாயுள்ளது; சிறிய இரும்புத் துண்டொன்று அதனுடன் ஒத்துப் பார்க்கும்போது லேசாயிருக்கும். எனவே, கனம்—லேசு என்றவை, நிறையின் தாரதம்மியத்தைக் குறிக்கும் சொற்களேயன்றி, பொருள்களின் நிறை இயல்பையொட்டிய தாரதம்மியத்தைக் குறிக்கும் சொற்களன்று. பொருள்களின் நிறையியல்பைப் பொருத்த தாரதம்மியத்தைக் வேறு வகையில் குறிப்பிடவேண்டும் அவ்வகை எதுயென்பதை இனிக் காணலாம். நெட்டியையும், இரும்பையும், அவற்றின் நிறையியல்பைப் பொறுத்த வகையில் ஒப்பிடும்போது, அவை ஒரேயளவான பருமனுடன் இருக்க வேண்டும், என, மேலே கூறினோம். ஏனென்றால், ஒரு பொருளை மட்டும் கவனித்தால், அதன் நிறை அதன் பருமனுக்கேற்றவாறு உள்ளது எனக் காண்கிறோம். ஓரளவுப் பருமனுள்ள நெட்டித்துண்டின் நிறை, அதில் பாதியளவுப் பருமனுள்ள நெட்டித்துண்டின் நிறையைவிட இருமடங்கானது, எனக் காண்கிறோம். அவ்வாறே எப்பொருளை எடுத்துக்கொண்டாலும், அதன் நிறைக்கும் பருமனுக்குமான வீதம், முறையே, மாறுதுள்ளது. ஒவ்வொரு பொருளுக்கும், அதனதற்கென்றுள்ள $\frac{\text{நிறை}}{\text{பருமன்}}$ என்ற வீதம் உள்ளது.

சேறிவு (டேன்ஸிடி)

இவ்வீதம் 'செறிவு' (டென்ஸிடி—Density) எனப்படுகின்றது. அதாவது ஒரு பொருளின் செறிவு, அதன் ஒரு குறித்தவளவுப் பருமனுனதின் நிறையைக் குறிப்பிடுகின்றது. இம்முறையையொட்டி ஒவ்வொரு பொருளின் செறிவையும் அளவிடலாம். அதன் பிறகு, அவற்றில் எப்பொருள் அதிக செறிவானது, எது குறைந்த செறிவானது, என அவற்றின் நிறையியல்பை யொட்டிய தாரதம்மியங்களை அறியலாம். அப்படிப் பார்க்கும்போது இரும்பின் 'செறிவு' நெட்டியின் சேறிவைவிட அதிகமானது எனக்காண்கிறோம். எனவே, 'நெட்டி குறைந்த செறிவானது—இரும்பு அதிக செறிவானது' என்பதைக் குறிப்பிடும் நோக்கத்துடன், 'நெட்டி லேசானது—இரும்பு கனமானது எனக் கூறும் தவறுன வழக்கம் ஏற்பட்டுவிட்டது. 'லேசு' என்ற சொல் கனக்குறைவைக் குறிக்குமேயன்றி, செறிவுக் குறைவைக் குறிக்காது.

திடப்பொருளொன்று அதன் நிறையைப் பொறுத்து கனத்துடனுள்ளது. அதன் நிறை பொருண்மையை யொட்டியது. எல்லாப் பொருள்களும், ஆதாரமின்றி விடப்பட்டால் கீழ்நோக்கி விழுகின்றன என நாம் அறிவோம். நிலத்தை நோக்கி, அவற்றைக் கீழ்வாட்டமாய் இழுக்கும் வலிமையொன்றுள்ளது. அது, 'நிலக்கவர்ச்சி' (கிராவிடி) வலிமை எனப்படுவது. அதை யொட்டியே, ஒரு பொருள் அதன் நிறையளவைக்குப் பொறுத்தவாறன கனத்துடனுள்ளது. எனவே, ஒரு பொருளின் 'கனம்' எனப்படுவது, அது நிலக்கவர்ச்சியால் கீழ்நோக்கி இழுக்கப்படும்போது, அதன் நிறையையொட்டி பிரயோகிக்கக் கூடிய 'வலிமை' யேயாம். திடப்பொருளொன்றை நமது உள்ளங்கையில் வைத்தால், அது கையை அமுக்குகின்றது. அவ்வமுக்கம் அதன் கன வலிமையையேயாம். வலிமைப் பிரயோகிக்கப்படும் திக்கு, கீழ்நோக்கியுள்ளது; கை அமுக்கப்படும் திக்கும் அதுவே. மற்ற வாட்டங்களில் அமுக்கம் இல்லை. திடப்பொருளொன்றின் பக்கவாட்டத்தில் வலிமையைப் பிரயோகித்தால் அவ்வாட்டத்தில் அமுக்கம் ஏற்படுகின்றது. அவ்வாறு பிரயோகிக்கப்படும் 'வலிமை' அதன் 'கன வலிமை' அன்று. மற்ற வழிகளில் பிரயோகிக்கப் படுவது. ஆகவே, திடப்பொருளொன்றின்மீது வலிமைப் பிரயோகிக்கப் பட்டால், அது பிரயோகிக்கப்படும் திக்கில் மட்டுமே, அமுக்கம் ஏற்படுகின்றது. பொதுவாக, மற்ற வலிமைகள் பிரயோகிக்கப்படாது, ஒரு பொருள் இயல்பாகவே கொண்டுள்ள வலிமை, அதன் நிறையை யொட்டி கீழ்நோக்கி விழுவதைப் பொறுத்த கன வலிமையே. இதனால் ஏற்படும் அமுக்கம் கீழ்நோக்கியேயுள்ளது. ஆதலின் திடப்பொருளொன்றின் அமுக்கவலிமை கீழ்நோக்கி மட்டுமேயுள்ளது, எனக் கூறப்படுகின்றது.

கன வலிமை.

இனி, திரவங்களைக் கவனிப்போம். திரவங்கள் நிலையான உருவமில்லாதவை. அவை ஊற்றி வைக்கப்பட்டுள்ள பாத்திரங்களின் ஆகிருதியை அவை அடைகின்றன. திரவங்கள் நிலையான பருமனுடன் உள்ளவை. ஒரு பெரிய பாத்திரத்தில், கொஞ்சம் நீரை ஊற்றினல், அது பாத்திர முழுவதையும் நிரப்புவதில்லை. ஒரு சேர் பால், லோட்டாவில் ஊற்றினும், டம்ளரில் ஊற்றினும், கிண்ணத்தில் ஊற்றினும், ஒரு சேர் பாலாகவே இருக்கும். எனவே, திரவங்களின் பருமன் மாறுதுள்ளது, எனக் காண்கிறோம். திரவமொன்றின் நிறை அதன் பருமனுக்கேற்றதாயிருக்கும். ஆதலின், அதன் செறிவையும் திட்டமாய் அளவிடலாம். பல திரவங்களின் செறிவுகளை அளவிட்டு ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால், அவை வெவ்வேறளவினவாயுள்ளன எனக் காண்போம். எண்ணெயின் செறிவைவிட நீரினது அதிகமானது; நீரினதைவிடப் பாலினது அதிகமானது. ஒவ்வொரு திரவமும் அதனதற்கான செறிவுடனுள்ளது.

திரவங்கள்.

திரவங்களும் வலிமைப் பிரயோகத்தால் அமுக்கப்படுகின்றன. அவை வலிமைப் பிரயோகிக்கப்படும் திக்கில் மட்டுமேயன்றி, எல்லா வாட்டங்களிலும் அமுக்கப்படுகின்றன. ஒரு பாத்திரத்திலுள்ள திரவம், அதன் நிறையை யொட்டி கனவலிமையுடனுள்ளது. அவ்வலிமை கீழ்வாட்டமாய்ப் பிரயோகிக் கப்படுவது, என, நாம் அறிவோம். ஆயினும், அத்திரவத்தை அடிப்புறத்தில் மட்டும் ஆதாரம் அமைத்துத் தாங்கிக்கொண்டிருக்கமுடியாது. பக்கவாட்ட அணைகளும் வேண்டும். திரவத்தின் அமுக்கம் அவ்வாட்டங்களிலும் உள்ளதி னாலேயே, பக்கச்சுவர்கள் அவசியமாகின்றன. ரப்பர் பந்தொன்றில் பல சிறு ஓட்டைகளைச் செய்துவிட்டு, அதனுள் நீரை நிரப்பி, அதை அமுக்கினால், அவ் வோட்டைகள் எல்லாவற்றின் வழியேயும், ஒரேயளவான வேகத்துடன் நீர் பீர்க்கப்படுகின்றது. ஆகவே, திரவமொன்று ஒரு திக்கிலான வலிமைக்குட் படினும், அது, எல்லாத் திக்குகளிலும் அமுக்கப்படுகின்றது. திரவத்தின் கனத்தை யொட்டிய வலிமை கீழ்நோக்கி மட்டுமே பிரயோகிக்கப்பட்டாலும், திரவ அமுக்கம் எல்லா வாட்டங்களிலும் ஏற்படுகின்றது. இவ்விதி முறையை யொட்டியே, இருதயம் ஒரு வாட்டத்தில் மட்டும் சுருங்கினாலும், இரத்தம் எல்லா வாட்டங்களிலுமான ஆர்டரிகளில் அமுக்கப்படுகின்றது.

வாயுக்கள்

வாயுக்களைப்பற்றி இனிக் கூறலாம். அவை நிலையான உருவத்தையாவது, நிலையான பருமனையாவது, அடைந்தவை அன்று. சோடாப்புட்டியில், கார் பன்டை ஆக்ஸைட் என்ற வாயு அடைக்கப்பட்டுள்ளது. புட்டியைத் திறந்த தும், அது வெளிப்பட்டு, வெளியிடம் முழுவதிலும் பாவிவிடுகின்றது. வாயுக் களுக்கு உருவமும் பருமனும் இல்லாவிடினும் 'நிறை' உண்டு. புட்பால் பிளாட்டர் ஒன்றை, காற்றடிப்பதற்குமுன் சப்பையாயுள்ளபோதும், காற்றடிக் கப்பட்டு உப்பியுள்ளபோதும், நிறுத்துப்பார்த்தால், உப்பி யுள்ளபோது, அதன் நிறை சப்பையாயுள்ளபோதானதை விட அதிகமாயுள்ளது, எனக் காண்போம். அவ்வதிக நிறை, அதில் அடைக்கப்பட்டுள்ள காற்றின் நிறை. ஓரிடத்திற்குள் அடைக் கப்பட்டுள்ள வாயுவொன்று, அதுவுள்ள இடத்தின் தடுப்பை உள்ளிருந்து அமுக்கிக்கொண்டேயுள்ளது. ஆதலின், அது வெளியே தப்பிச் செல்லாதிருக்க வேண்டுமாயின், வாயுவின் அமுக்கத்திற்கு நிகரான அமுக்கம் அத்தடைப்பால் பிரயோகிக்கப்படவேண்டும். வாயுவின் அமுக்கம், அதன் பாவிச் செல்லும் இயல்பை யொட்டி ஏற்படுவது. நிலக்கவர்ச்சியை யொட்டிய கனவலிமைச் சிறிதளவு இருப்பினும், முக்கியமாயுள்ள அமுக்க வலிமை, பாவலியல்பை யொட்டியுள்ளதேயாம். ஒரே பருமனான இடத்தில், முறையே, வெவ்வேறு நிறையினவான காற்றை அடக்கிவைத்தால், அதிக நிறையுள்ள காற்று அடைக் கப்பட்டபோது, அமுக்கம் அதிகமாயும், குறைந்த நிறையுள்ளபோது, அமுக்கம் குறைந்து இருக்கும். எனவே, வாயுவொன்றின் அமுக்கவலிமை அதன் நிறையை யொட்டியும், பரவும் வன்மையையொட்டியும் ஏற்படுவது என அறிகிறோம்.

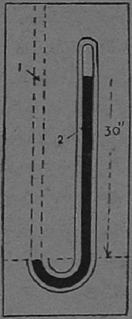
இன்னும், அதிக நிறையான காற்றும், குறைந்த நிறையான காற்றும் ஒரேயளவுப் பருமனுன இடத்தில் முறையே அடைக்கப்பட்டிருந்தன. ஆதலின் அதிக நிறையான காற்று அதிக செறிவானது எனவும், குறைந்த நிறையான காற்று குறைந்த செறிவானது எனவும் ஏற்படுகின்றது. இவ்வாறு, ஒரே பொருளான காற்று, வேறுபடும் அளவுகளான செறிவுகளுடனுள்ளது, எனக் காண்கிறேம். எனவே, வாயுவொன்றின் 'செறிவு' அதன் அமுக்கத்தினளவு வேறுபடுவதற்கேற்றவாறு, மாறும். பல் வேறுன வாயுக்களின் செறிவுகளை ஒப்பிட்டுப் பார்க்கவேண்டுமாயின், அவை எல்லாம் ஒரேயளவான அமுக்கத்திற் குட்பட்டவாறுனபோதே, அளவைகள் செய்யப்படவேண்டும். திடப்பொருள் களின் செறிவையும், திரவப்பொருள்களின் செறிவையும் அளவிட்டபோது, அவை, ஒரேயளவுப் பருமனுனபோதுள்ள நிறைகள் அளவிடப்பட்டன. வாயுக் களின் செறிவை அளவிடும்போது, அவை ஒரே யளவுப் பருமனுன இடங்களி லும், ஒரேயளவு அமுக்கத்துடனும், உள்ள போதான நிறைகளை அளவிட வேண்டும். இன்னுமொரு விஷயத்தையும் கவனிக்கவேண்டும். அது வாயுவின் வெப்ப நிலையை (டெம்பரேசர்—Temperature)ப் பொருத்தது. ஓரிடத்தில் அடக்கப்பட்டுள்ள வாயுவை, அதன் பருமன் மாருதவாறு, சூடேற்றினுல், அதன் அமுக்கம் அதிகமாகின்றது. அமுக்கம் அதிகமாகாதவாறு சூடேற்ற வேண்டுமாயின், வாயு விரிவதற்கு இடந்தருமாறு அமைத்து, வெப்பநிலையை (டெம்பரேசரை) அதிகப்படுத்தவேண்டும். பருமனளவு வேறுபடுவதால், செறிவி னளவும் மாறும். எனவே, வாயுவொன்றின் செறிவு, அதுவுள்ள வெப்பநிலையை யும் பொருத்துள்ளது. பல வாயுக்களின் செறிவுகளை ஒப்பிடும்போது, அவை எல்லாம், முறையே, ஒரேயளவுப் பருமனுன இடங்களில், ஒரேயளவு அமுக்கத் துடன், ஒரேயளவு வெப்ப நிலையில் உள்ளபோது கொண்டுள்ள நிறைகள் அள விடப்படவேண்டும். வாயுக்களில், ஒரு வாட்டத்தில் பிரயோகிக்கப்படும் அமுக்கம் எல்லா வாட்டங்களிலும் ஏற்படும், என்பது எல்லோரும் அறிந்த விஷயமே.

திடப்பொருள்களிலும், திரவங்களிலும், வாயுக்களிலும், முறையே, அமுக்கம் எவ்வாறு வலியுறுத்தப்படுகின்றது, என, அறிந்துகொண்டோம். திடப்பொருள்களில் வலிமைப் பிரயோகிக்கப்படும் திக்கில் மட்டுமே, அமுக்கம் ஏற்படுகின்றது; அதன் கன வலிமையை யொட்டிய அமுக்கம் கீழ்நோக்கி மட்டுமே ஏற்படுகின்றது. திரவங்களில், வலிமைப் பிரயோகிக்கப்படும் திக் கைத் தவிர, மற்ற எல்லா திக்குகளிலுங்கூட அமுக்கம் ஏற்படும்; அவற்றின் கன வலிமையை யொட்டிய அமுக்கம் எல்லா வாட்டங்களிலும் ஏற்படுகின்றது. வாயுக்களில், எல்லாத் திக்குகளிலும், ஒரு திக்கில் பிரயோகிக்கப்படும் வலி மையை யொட்டி, அமுக்கம் பயத்தப்படுகின்றது; அவற்றின் கன வலிமையை யொட்டிய அமுக்கம் சொற்பமே; அவற்றின் அமுக்கம் முக்கியமாய், பாவிச் செல்லும் இயல்பைப் பொருத்து ஏற்படுவது. திரவங்களிலும், வாயுக்களிலும்

ஒரு வாட்டத்துப் பிரயோகிக்கப்படும் வலிமை எல்லா வாட்டங்களிலும் அமுக்கத்தை விளைவிப்பதினுலேயே, அவற்றைக் குழாய்களின் வழியே, அமுக்கத்தை யொட்டி பாயுமாறு செய்ய இயல்கின்றது.

நம்மைச் சூழ்ந்துள்ள காற்றைப்பற்றி இனிக் கூறலாம். நம்முலகைச் சுற்றிலும் பல மைல்கள் உயரத்திற்குக் காற்றுப் பரவியுள்ளது. இவ்வாறுள்ள காற்று மண்டலம், 'பவனம்' (அட்மாஸ்பியர்—Atmosphere) எனப்படுகின்றது. பவனத்துள்ள காற்று முழுவதும் அபரிமிதமான நிறையுடனுள்ளது. ஆயினும், அதனுலான அமுக்கம் உலகப் பரப்பு முழுமையிலும் பிரயோகிக்கப்படுகின்றது. ஆதலின், அது குறித்ததோர் அளவான பரப்பின்மீது பிரயோகிக்கும் அமுக்கத்தை அளவிடலாம். பவனக் காற்றுல், ஓரளவான பரப்பு எவ்வளவான வலிமையுடன் அமுக்கப்படுகின்றது என்பதை அளவிட்டு, பவன அமுக்கம் (அட்மாஸ்பிரிக் பிரஷர்—Atmospheric Pressure) எவ்வளவு வலிமையானது என அறிந்துகொள்ளலாம். பவன அமுக்கத்தை அளவிட அமைக்கப்பட்ட கருவிக்கு பவனவமுக்க அளவி (பாரமீடர்—Barometer) என்று பெயர். அது, கீழ்ப்பாகத்தில் மேல்நோக்கி வளைக்கப்பட்டுள்ள நீண்ட குழாய். அதன் மேல் நுனி அடைப்பட்டிருக்கும். அதில் பாதரசம் உள்ளது. மேல்நோக்கி வளைந்துள்ள பாதரசத்தின்மீது பவன அமுக்கம் வலியுறுத்துகின்றது. நீண்ட பாகத்திலுள்ள பாதரஸத்தின்மீது ஒன்றுமில்லை, அது 'வெற்றிடம்' (வேகுவம்—Vacuum). ஆதலின் மேல்நோக்கி வளைந்துள்ள பாகத்தில் பாதரசம் நிற்கின்ற

பவன அழுக்கமும் பவனவழக்க அளவியும் (பாரமீடரும்)



படம் 72
பவன அழுக்க அளவி (Barometer)
1. பவனக் காற்று. 2. பாதரசம்.

மட்டத்தின்மீது பவனம் அமுக்குகின்றது. அதற்குச் சமமான மட்டத்தின்மீது, நீண்ட குழாயில், பாதரசம் நிற்கின்றது. எனவே, குழாயின் குறுக்குப் பரப்பின்

மீதுள்ள பாதரசத்தின் கனமும், அவ்வளவேயான பரப்பின்மீது அழுத்தும் பவன அமுக்கமும் சீர் தூக்கப்பட்டவை. பாதரசத்தின் கனமும், பவன அமுக்கமும் ஒரேயளவு வலிமையானவை. அவ்வாறு குழாயில் நிற்கும் பாதரசம், அக்குழாயின் குறுக்களவான வட்டத்தூண் ஒன்றைப்போன்று உள்ளது. எனவே, பவன அமுக்கம் அதைச் சீர்தூக்கும் பாதரசத்தூண் ஒன்றின் கனத்திற்கு நிகரானது, எனலாம். கடல் மட்டத்து இடங்களில், அக்கனம், சதுர அங்குலத்திற்குப் பதினைந்து பவுண்டுகளாயிருக்கும். பாதரசத் தூணின் உயரம், சுமாராக, இரண்டரை அடி இருக்கும். நமது தலையின் மேற்பரப்பு, 75 சதுர அங்குலமிருக்கும். எனவே, நமது தலையின்மீது, $75 \times 15 = 1125$ பவுண்டுகள், அதாவது, அரை டன் கனமான பவன அமுக்கம் அழுத்துகின்றது. அதை நாம் தாங்கிக்கொண்டிருக்கிறோம். அவ்வாறிருந்தும், நமது தலையின்மீது அப்பாரம் அழுத்திக்கொண்டிருப்பதாக, நாம் உணர்வதில்லை. ஏனென்றால், அவ்வமுக்கத்திற்கு நிகராகவோ, அன்றி சற்று அதிகமாகவோ உள்ள அமுக்கம், கீழிருந்து மேலாக நமது உள்ளங்கால்களின்மீது பிரயோகிக்கப்படுகின்றது. வாயுக்களின் அமுக்கம் எல்லா வாட்டங்களிலும் பிரயோகிக்கப்படும் என நாம் மேலே கூறினோம். அவ்விதிமுறையை யொட்டி, பவன அமுக்கமும் எல்லா வாட்டங்களிலும் அழுத்துகின்றது. இரு உள்ளங்கால்களின் பரப்பளவுகள் கூடி, தலையின் பரப்புக்கு நிகராகவோ, அன்றி, சற்று அதிகமாகவோ இருக்கும். எனவே, அவற்றின்மீது கீழிருந்து மேல்நோக்கிப் பிரயோகிக்கப்படும் அமுக்கத்தினளவு, தலையின்மீது, மேலிருந்து கீழ்நோக்கி அழுத்தும் அமுக்கத்திற்கு நிகராகவோ, அன்றி, சற்று அதிகமாகவோ இருக்கும். இவ்வாறு, அவ்விரு அமுக்கங்களும் ஒன்றையொன்று ரத்து செய்துவிடுகின்றன எனலாம். ஆகவே, நாம் பவன அமுக்க பாரத்தை உணர்வதில்லை. நமது உடலின் பகுதிகள் திடப்பொருள்களாலும், திரவங்களாலும் மட்டுமே ஆக்கப்பட்டவை. திடங்களும் திரவங்களும் நிலையான பருமனுடனிருப்பவை. ஆதலின், நமது தலையின்மீது தாக்கும் அமுக்கமும் உள்ளங்கால்களில் அழுத்தும் வலிமையும் சேர்ந்து அமுக்கும்போது, நமது உடல் நசுக்கப்படாமல், அவ்வமுக்கத்தை எதிர்த்து நிற்கின்றது. இதை யொட்டியே, நாம், திடங்களும் திரவங்களும் நிலையான பருமனுடனிருப்பவை, எனக் கூறுவது. அவற்றின் பருமனை மாற்ற, அபரிமிதமான வலிமை வேண்டப்படுவதினாலேயே, அவை, நிலையான பருமனுடன் இருக்கின்றவை, எனக் கூறுகின்றோமே தவிர, அவை முற்றும் நிலையான பருமனுடனிருப்பவை அன்று. ஒரு கன அங்குலமான இரும்புத் துண்டொன்றின் பருமனை, அதில் நூற்றிலொரு பங்கு அளவு குறைக்க, அதாவது, $\frac{99}{100}$ கன அங்குலமாக்க, இரண்டு கோடி பவுண்டுகளின் (பதினாயிரம் டன்களின்) கன வலிமை அழுத்தவேண்டும். அவ்வாறே, ஒரு கன அங்குலத் தண்ணீரின் பருமனை மாற்றுவதற்கு, மூன்று லக்ஷம் பவுண்டுகளின் (இருநூறு டன்களின்) கன வலிமை வேண்டும். 1 கன அங்குல காற்றின் பருமனை, அது ஒரு பவுண்டு அமுக்கத்

துக்குட்பட்டுள்ளபோது, மேற்கூறியவாறு மாற்றுவதற்கு, நூற்றிலொரு பங்கு பவுண்டின் கன வலிமை போதுமானது. ஆகவே, நமது உடற் பகுதிகள் திட, திரவப் பொருள்களால் அமைந்துள்ளனவாதலாலும், பவன அமுக்கம் எல்லா வாட்டங்களிலும் அமுத்துகின்றமையாலும், நாம் அவ்வமுக்கத்தைப் பொருட்படுத்தாதுள்ளோம். மேற் கூறப்பட்டவாறு பவன அமுக்கம் சீர் தூக்குகின்ற 'பாதரசத் தூண்' ஒன்றின் கனத்தினின்றே, அது அளவிடப்படுவதால், சாதாரணமாக, பவன அமுக்கத்தினளவு, அத் 'தூணின்' உயர அளவினாலேயே குறிப்பிடப்படுகின்றது. அதாவது, பவன அமுக்கம், சதுர அங்குலத்திற்குப் பதினைந்து பவுண்டுகள் கனம், எனக் கூறுவதற்குப் பதிலாய், அது, 30 அங்குல அளவானது, எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றது.

பவன அழக்க அளவும் உயரமும்.

பவன அமுக்கத்தின் அளவு, கடல் மட்டத்தில் இருப்பதைவிடக் குறைந்தவாறே, உயரமான இடங்களில் இருக்கும். கடல் மட்டத்திலுள்ள இடங்களில், பவனக் காற்று முழுவதும் அமுக்குகின்றது, அதாவது, ஒவ்வொரு சதுர அங்குலப் பரப்பின்மீதும், பவனத்தின் உயரம் முழுவதிலுமுள்ள காற்று நிற்கின்றது. கடல் மட்டத்தைவிட உயரமான இடங்களில், ஒவ்வொரு சதுர அங்குலத்தின்மீதும் நிற்கும் பவனக் காற்றின் உயரம், கடல் மட்டத்திலானதை விடக் குறைந்திருக்கும். அவ்விடங்களுக்கும் மேலுள்ள காற்று மட்டுமே, ஆங்கு அமுக்குகின்றது. ஆதலின், அவ்விடங்களில், பவன அமுக்கத்தினளவு குறைகின்றது. அவற்றையும்விட உயரமான இடங்களில், பவன அமுக்கம் இன்னும் குறையும். உயரமான இடத்தில் பவன அமுக்கம் இன்னும் குறைவதற்கு மற்றொரு காரணமும் உண்டு. வாயுவொன்றின் செறிவு அதன் அமுக்கத்தைப் பொருத்திருக்கும் என முன்னரே கூறியுள்ளோம். எனவே, கடல் மட்டத்திலுள்ள காற்றின் அமுக்கம் உயரமான இடங்களிலுள்ளதைவிட அதிகமாயிருக்கின்றமையின், கடல் மட்டத்துக் காற்று உயரமான இடத்தின் காற்றைவிடச் செறிவு மிக்கதாய் இருக்கும். உயரமான இடத்திற்குமேல் நிற்கும் காற்றின் செறிவு குறைவதால், அதன் நிறையும் குறையும்; கனவலிமையும் அதாவது, அமுக்கமும் குறைகின்றது. ஆகவே, உயரச் செல்லச் செல்ல, பவன அமுக்கத்தினளவும் படிப்படியாய்க் குறைந்துகொண்டே போகின்றது. கடல் மட்டத்தில், பவன அமுக்கம், 30 அங்குல அளவிருக்கும், எனக் கூறியுள்ளோம். கடல் மட்டத்திற்குமேல், 3750 அடி உயரமான இடத்தில், அதனளவு 26 அங்குலம்; 7500 அடியில்—21 அங். 15,000 அடி—15 அங்; 30,000 அடி—$7\frac{1}{2}$ அங்குலம், எனக் குறைந்துகொண்டு போகின்றது.

ஓரிடத்திலுள்ள பவன அமுக்கம், சீதோஷ்ண நிலைமையை யோட்டியும் வேறுபடுகின்றது. ஏனென்றால், ஒரு வாயுவின் செறிவு, அதன் வெப்ப நிலையைப் பொருத்துள்ளது. ஆதலின், சீதோஷ்ண நிலைமையின் மாற்றங்களுக்

கேற்றவாறு, பவன அமுக்கமும் வேறுபடும். ஆயினும், இவ்வாறு ஏற்படும் வேறுபாடுகளின் அளவு, அதிகமாயிருக்காது. மற்றொரு வகையிலும், சீதோஷ்ண நிலைமையைப் பொருத்தவாறு, பவன அமுக்கம் வேறுபடுகின்றது. பவனத்தில், காற்றுடன் எப்பொழுதும் நீராவியும் கலந்துள்ளது. காற்றில் கலந்துள்ள நீராவியின் அளவு ஒரேவாறுயில்லாது, வேறுபட்டுக்கொண்டிருக்கும். நீராவியின் செறிவு காற்றின் செறிவைவிடக் குறைந்தது. ஆதலின் காற்றில் நீராவியேற்று அதிகப்பட்டால், பவன அமுக்கத்தினளவு குறையும்; நீராவியினளவு குறைந்தால், பவன அமுக்கம் அதிகப்படும். பவன அமுக்கவளவின் வேறுபாடுகளைக் கவனிப்பதால், காற்றில் கலந்துள்ள நீராவியினளவு எவ்வாறுள்ளது என அறிந்துகொள்ளலாம்.

பவன அழக்கமும் சீதோஷ்ண நிலைமையும்.

பவனவமுக்க அளவியை (பாரமீடரை)க்கொண்டு, பவனவமுக்க வேறுபாடுகளைக் காணலாம். அமுக்கம் குறைந்தால், நீராவியினளவு காற்றில் அதிகமாயுள்ளது என அறிந்துகொள்ளலாம். நீராவியேற்று அதிகமாயின், மழை பெய்யும் என எதிர்பார்க்கலாம். இவ்வகையில், பவனவமுக்க அளவி (பாரமீடர்) ஓர் உபயோகமான கருவி. ஓரிடத்தின் உயரத்திற்கேற்றவாறு, பவன அமுக்கத்தினளவு இருக்கும், எனக் கூறியுள்ளோம். எனவே, பவனவமுக்க அளவியைக்கொண்டு, ஓரிடத்தின் பவனவமுக்கம் எவ்வளவானது என அறிந்துகொண்டோமாயின், அவ்விடம், கடல் மட்டத்திற்குமேல் எவ்வளவு உயரமானது, என்பதைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம். இவ்விதமாயும், பவன அமுக்க அளவி (பாரமீடர்) மிகவும் உபயோகமான கருவியாயுள்ளது.

பவனவழக்க அளவியின் (பாரமீடரின்) உபயோகங்கள்.

பவன அமுக்கத்திற்கும் நமது மூச்சு முறைக்குமுள்ள தொடர்பைப் பற்றி இனிக் கூறலாம். நமது நுரையீரல்களால் உள்வாங்கப்படும் காற்று, நம்மைச் சூழ்ந்துள்ள பவனக் காற்றின் பகுதியே. ஆதலின், அதன் அமுக்கவளவு, பவனவமுக்கத்தின் அளவேயானது. இருதயம் வேலை செய்யும்போது நேரிடும் அமுக்க வேறுபாடுகள், பவன அமுக்கத்தினின்று அதிகவளவு வேறுபடாதவை. இரத்தவமுக்கம், பவனவமுக்கத்தைவிடச் சற்றே அதிகமானதாயிருக்கும். அது, பவனவமுக்கத்தைவிட, நான்கேகால் அங்குலம் அதிகமானது. இங்ஙனம், நமது உடற்கருவிகளினுள் ஏற்படும் அமுக்கம், பவன அமுக்கத்தினின்று அதிகமாய் வேறுபடாது. அதாவது, உடலினுள்ளும், வெளியேயும், கிட்டத்தட்ட ஒரேயளவான அமுக்கம் உள்ளது. நமது உடலிலுள்ள கருவிகள், சாதாரணமான பவனவமுக்கத்தைத் தாங்கிக்கொண்டு, அதையொட்டி வேலை செய்யுமாறு அமைக்கப்

பவனவழக்க வேறுபாடுகளும், உடற்கருவிகளும்.

பட்டவை. சாதாரண பவனவமுக்கமென்பது, கடல் மட்டத்துப் பவன அமுக்கத்தினின்று அதிகவளவு வேறுப்பட்டில்லாத அமுக்கம். ஆனல், உயரச் செல்லச் செல்ல அமுக்கம் குறைந்துகொண்டே போகின்றது, எனக் கூறினேம். 7500 அடி உயரமான இடத்தில், பவனவமுக்கத்தினளவு, 21 அங்குலமே. இவ்வளவான வேற்றுமையை நமது உடற்கருவிகள், சிரமமின்றித் தாங்கிக்கொள்ளக்கூடும். அதைவிட அதிகமான வேறுபாடுகளைத் தாங்கிக் கொண்டு அவை வேலை செய்தல், கடினம். நமது உடலிலுள்ள பல குழாய்களும், அவ்வவற்றின் வேலையைச் சரியாய்ச் செய்யவேண்டுமாயின், அவை, நன்கு பூரித்திருக்கவேண்டும். அவற்றினுள் தக்கவளவான அமுக்கமுள்ள போதே, அப்பூரிப்பு தோன்றும். அமுக்கம் அதிகமாயின், குழாய் வெடித்துப் போகும்; அமுக்கும் குறைந்தால், சோம்பிவிடும். அவ்வாறுன விளைவுகளை, ஸைகிள் டயர்களினுள் வைக்கப்படும் ரப்பர் குழாய்களில், காணலாம். அவற்றில் நன்ருய்க் காற்றடிக்காவிட்டால் அவை சப்பென்றுள்ளன; அதிகமாய்க் காற்றடித்தால் வெடித்துவிடுகின்றன. தக்க வரம்புகளுக்குட்பட்ட அமுக்கம், அவற்றில் இருக்கவேண்டும். அவ்வாறே, நமது உடலிலுள்ள குழாய்களும், கடல் மட்டத்துப் பவன அமுக்கத்தைவிட மிக அதிகமாயும், மிகக் குறைவாயும் இல்லாத வரம்புகளுக்குட்பட்ட அமுக்கத்துடனுள்ளபோதே, பூரித்து இருக்கும் படியானவை. பவனவமுக்கம் குறைவாயுள்ள அதிவுயரமான மலைகளின் மீது நாம் செல்வோமாயின், நமது உடலிலுள்ள குழாய்கள் முதலானவை சோம்பிவிடும். அவற்றின் வழியே நடைபெறுகின்ற இரத்தவோட்டம்போன்ற காரியங்கள் சரிவா நடக்கா. மற்ருெரு வகையிலும் பவனவமுக்கக் குறைவை யொட்டி, நமது உடற்கருவிகள் வேலை செய்தல், கடினமாய்விடும். நமது நுரையீரல்கள், ஒவ்வொரு மூச்சிலும், ஓரளவுப் பருமனுன காற்றை, முறையே, உள்ளே வாங்குகின்றன. இவ்வாறு இழுக்கப்படும் காற்று, கடல் மட்டத்து பவன அமுக்கத்துள்ளதாயின், அதன் நிறை இருப்பதைவிடக் குறைந்த நிறையினதாய், உயரமான இடத்துக் காற்றிருக்கும். ஏனென்ருல், உயரமான இடத்தின் குறைந்த அமுக்கமான காற்றின் செறிவும் குறைந்திருக்கும்; ஒரு மூச்சில் இழுக்கப்படும் காற்றின் பருமன் எப்பொழுதும் ஒரேயளவாயுள்ளதாதலின், செறிவு குறைந்த காற்றின் நிறையும் குறைவாகும். சாதாரணமாக, நமது நுரையீரல்கள் ஒரு நிமிஷத்தில் விடும் மூச்சுகளின் எண்ணிக்கை மாறுதுள்ளது. ஆகவே, ஒரு நிமிஷத்தில், நமது உடலினுள் வாங்கப்படும் உயரமான இடத்துக் காற்றின் நிறை, கடல் மட்டத்துக் காற்ருய் அது இருந்தாலுள்ள நிறையைவிடக் குறைவாயிருக்கும். நமது உடற் காரியங்கள் செவ்வனே நடைபெறுவதற்கு, கடல் மட்டத்து அமுக்கத்துக் காற்றில் அந்நிறையளவான காற்று, நிமிஷத்திற்கு நிமிஷம் தேவையாயுள்ளது. ஆதலின் உயரமான இடத்தில் நமது உடலினுள் புகும் அமுக்கம் குறைந்த காற்றின் நிறை, உடலின் காரியங்கள் சரிவா நடந்தேறுவதற்குப் போதாததாகின்றது. காரியங்கள் சரிவா நடைபெறுவதற்கென வேண்டப்படும் நிறையான காற்றை

அடைய வேண்டுமாயின், ஒவ்வொரு நிமிஷத்திலும், முறையே, அதிக எண்ணிக்கையான மூச்சுகள் விடப்படவேண்டும். அப்படித் தொடர்ந்தவாறு, மூச்சுவிட இயலாது என முன்னரே கூறியுள்ளோம். ஆதலின், அதிவுயரமான மலைகளின்மீதேறிச் செல்கின்றவர், தம் இரத்தத்தில் ஆக்ஸிஜன் குறைவின் நிமித்தம் ஏற்படுகின்ற நோய்களுக்குட்படுகின்றனர். அவர்கள் இரத்தத்தி லுள்ள ஆக்ஸிஹெமோகுளோபின்களின் தொகை மிகவும் குறைந்துவிடுகின் றது. அதனால், அவர்கள், ஆக்ஸிஜன் அகற்றப்பட்ட வெறும் ஹெமோகுளோ பினின் நிறமான பச்சை மேனியராய் காணப்படுகின்றார்கள். இவ்வாறாயினும், பதினாயிரம் அடி உயரமான மலைப்பாங்குகளிலுங்கூட மக்கள் வசித்துவருகின்ற னர். ஆங்கு, வழக்கமாய் வாசஞ்செய்கின்றவர், அமுக்கங்குறைந்த காற்றையே மூச்சுவிட்டு வாழ்ந்தாலும், துன்பப்படுவதாய்க் காணப்படவில்லை. சமவெளி நாடுகளிலிருந்து அங்கு செல்கின்றவரே, மூச்சுக்குத் திணறுகிறார்கள்; சில அடிகள் காலை எடுத்து வைப்பதற்குள், களைத்துப்போகின்றனர். மலைநாட்டி னர், ஆங்கே நெடுங்காலமாய் வாழ்ந்துவருகின்றவராதலின், அவர்களின் உடற் கருவிகளும், இரத்தமும், சூழ்நிலைமைக்கு இயந்தவாறு சற்று மாறியுள்ளன. அவர்களின் இரத்தத்தில், சமவெளி மக்களின் இரத்தத்தில் இருப்பதைவிட அதிகத் தொகையான செங்கார்புஸல்கள் உண்டு. அதனால், அவர்கள் மூச்சுக்கு மூச்சு உள்வாங்கும் காற்றின் பருமன், சமவெளி மக்கள் மூச்சுக்கு மூச்சு உள்வாங்கும் காற்றின் பருமனைவிட அதிகமாயுள்ளது; எனவே, காற்றின் நிறை, ஒருவாறு சரிக்கட்டப்படுகின்றது; முற்றும் சீரானவாறு சரிக்கட்டப் படுவதில்லை. ஆங்கே, நெடுங்காலம் வாழ்ந்துவந்ததால், சற்றுக் குறைந்தவள வான ஆக்ஸிஜனைக்கொண்டே அவர்களின் உடற்காரியங்கள் நடைபெற்று விடுகின்றன. மேலும், மலைநாட்டினரின் மூத்திரம், சமவெளி நாட்டினரதை விட ஆல்கலினிடி அதிகமானது. மூத்திரத்தில் ஆல்கலினிடி அதிகமானால், இரத்தத்தில் ஆஸிடிடி அதிகமாகும். இவ்வாறு அவர்கள் இரத்தம் சீரான நிலைமையைவிடச் சற்று அதிக ஆஸிடிக்காய் ஆகிக்கொண்டிருப்பதால், மூளையி லுள்ள 'சுதப்படுத்தி' (ரெக்யூலேடர்), நுரையீரல்களை வேகமாய் வேலை செய் யும்படி ஏவிக்கொண்டேயுள்ளது. அதனால், அவர்கள், சிரமமில்லாது, துரித மாய் மூச்சு விட்டுக்கொண்டேயிருக்க முடிகின்றது; ஒவ்வொரு நிமிஷமும், நுரையீரல்களினுள் இழுக்கப்படும் காற்றின் பருமனளவு அதிகமாகின்றது. ஆகவே, மலைநாட்டினர், தாம் வாழ்கின்ற நாட்டிற்கியைந்தமைந்த வகையில், சிறிது மாறியுள்ளன, எனலாம். ஆனால், அவ்வாறான உடலியல் மாற்றங்களுக் கும் ஓர் எல்லை உண்டு. இவ்வுலகிலுள்ள ஊர்களிலெல்லாம், அதிக உயரத்தி லுள்ள ஊர், பொலீவியா நாட்டிலுள்ள 'ஆல்லகாஸ்' (Aullagas) என்றது. அது, கடல் மட்டத்திற்குமேல், 15,700 அடி உயரத்தில் உள்ளது. எனவே, அதற்குமேல் உயரமான இடத்தில் நிலக்குடிகளாய் வாழ்வதற்கேற்ற உட லமைப்பைப்பெற்ற மக்கள் இல்லை, எனக் கூறலாம். இமய மலையின் உயர்ந்த சிகரங்களில் ஒன்றான 'எவரெஸ்ட்' என்றது, கடல் மட்டத்திற்குமேல், சுமா

ராக, முப்பதினாயிரம் அடி உயரத்திலுள்ளது. அங்கு, பவனவமுக்கம், எட்டு அங்குலவளவேயுள்ளது. அதாவது, கடல் மட்டப் பவனவமுக்கத்தில், கால் பங்கேயானது. அவ்விடங்களுக்குக்கூட, மனிதர் ஏறிச் செல்கின்றனர், என, நாம் கேள்விப்படுகிறோம். அவ்வாறு, உயரமான மலைகள்மீதேறுகின்றவர்கள், ஆக்ஸிஜன் அடக்கப்பட்ட குழல்களைத் தம்முடன் கூட எடுத்துச் செல்கின்றனர். பவனக்காற்றில், ஐந்திலொரு பங்கு ஆக்ஸஜன் உள்ளது ; மற்ற நான்கு பங்குகளும் நைட்ரஜன் (Nitrogen) என்ற வாயுவினாலானவை. எனவே, கலப்பற்ற ஆக்ஸிஜனை மூச்சிழுப்பதால், மூச்சுக்கு மூச்சு நுரையீரலை அடைகின்ற ஆக்ஸிஜனினளவு, சாதாரணக் காற்றை இழுக்கும்போதானதைவிட, ஐம்மடங்கு அதிகமாகின்றது. அப்படி இருந்துங்கூட, ஓரடி எடுத்து வைப்பதற்குள், பத்து தடவைகள் மூச்சுவிடவேண்டியுள்ளது.

ஆழ் கடல் அமுக்கம்.

கடலினுள் ஆழமாய் மூழ்கும்போது அமுக்கம் அதிகமாகின்றது. நூறடி ஆழத்தில், அமுக்கம், மேலிருப்பதைவிட நான்கு மடங்கு அதிகமாகின்றது. ஒருவன் அவ்வளவு ஆழத்தில் மூழ்கியிருந்தால், அவன் உடலினுள் உள்ளதைவிட நான்கு மடங்கு அதிகமான அமுக்கம் வெளியேயுள்ளது. அதனால், அவன் நெஞ்சு அழுந்திவிடும். அவ்வாறாகாமலிருக்கும்பொருட்டு, கடல் மூழ்கிகள் (Divers) உறுதியாயும் தடிப்பாயும் உள்ள பொருளால் செய்யப்பட்ட உறையொன்றினுள் புகுந்துகொண்டு, மூழ்குகிறார்கள். உறையினுள் இருப்பவர்க்கு, கடல் மட்டத்து அமுக்கமான காற்று, குழாய்கள் மூலம் சென்றுகொண்டிருக்கும். வேறு குழாய்களின் வழியே, அவர்கள் மூச்சுவிட்டதனால் வெளிப்பட்ட வாயுக்கள் வெளியே அனுப்பப்படும். இவ்வாறான மூழ்கு உடுப்பு (Diving Dress)க்குள் இருந்துகொண்டு, அவர்கள் கடலினுள் மூழ்குகின்றனர்.

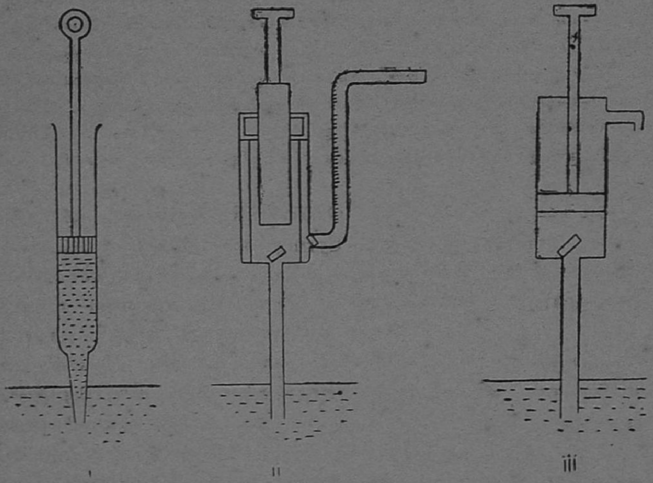
பீச்சாங்குழாய்.

அமுக்கம் காரணமாய் வேலை செய்கின்ற சில கருவிகளைப்பற்றி, இனிக் கூறலாம். பீச்சாங்குழாய் (சிரிஞ்சு—Syringe) என்றது, அவ்வாறானதொன்று. அதில் ஒரு குழல் உள்ளது. குழலினுள், காற்றுப் புக வொட்டாததான பீச்சான் (Piston) ஒன்று உள்ளது. பீச்சான், ஒரு சிறு தட்டையான துண்டு ; அதனுடன் நீண்ட கம்பொன்று, கைப்பிடியாய்க் கோக்கப்பட்டிருக்கும். குழலின் நுனி கூம்பியிருக்கும். அந்நுனி, ஒரு பாத்திரத்திலுள்ள நீரில் அமிழ்ந்திருக்குமாறு வைக்கப்படும். முதலில், பீச்சான் குழலின் அடிப்பாகத்தில் இருக்கவேண்டும். பிறகு, நாம் கைப்பிடியைக்கொண்டு பீச்சானை மேல்நோக்கி இழுப்போம். அப்படிச் செய்யுங்கால், நீர்ப்பரப்பின்மீதுள்ள பவன அமுக்கம் நீரை குழாய்க்குள் செல்லுமாறு, அழுத்துகின்றது. ஏனென்றால், நாம் பீச்சானை மேல்நோக்கி இழுக்கும்போது, அதற்கும் குழாயின் நுனிக்குமிடையுள்ள பகுதி, வெற்றிடமாகின்றது. ஒன்றுமில்லாத அவ்விடத்தில், அமுக்கம் இல்லை. எனவே, ஆங்கு, சுற்றிலுமுள்ள பவன அமுக்கத்தால் அழுத்தப்பட்ட தண்ணீர்

ஏறுகின்றது. அதனால், நாம் பீச்சானை மேல்நோக்கி இழுத்துக்கொண்டே இருக்கும் வரை, அதற்கடியிலுள்ள குழற்பகுதியில் நீர் ஏறிக்கொண்டே இருக்கும். அதன் பிறகு, பீச்சாங்குழாயை வெளியே எடுத்து, பீச்சானைத் தள்ளினால், குழாயிலுள்ள நீர் அமுக்கப்பட்டு, வெளியே பீச்சப்படுகின்றது. பீச்சாங்குழாயில் நீரேற்றப்படும் கிரல், 'உறியீர்த்தல்' (ஸக்ஷன்—Suction) எனப்படுகின்றது. குழாயைப்போன்றுள்ள வைக்கோல் ஒன்றின் ஒரு நுனியை நீரில் வைத்து, மற்றொரு நுனியை வாயில் வைத்துக்கொண்டு, காற்றை உள்ளே இழுக்கிறோம். அவ்வாறு உறிஞ்சும்போது, நீர் வாய்க்கு வருகின்றது. இவ்வாறான, 'உறியீர்த்தல்' (ஸக்ஷன்) முறையை யொட்டியே, நமது நுரையீரல்களினுள் காற்று இழுக்கப்படுகின்றது. நுரையீரல்கள் விரியும்போது, அவற்றினுள் அமுக்கம் குறைகின்றது ; வெளிக்காற்று உள்வாங்கப்படுகின்றது.

ஏற்றுப்பம்பு (போர்ஸ் பம்பு)

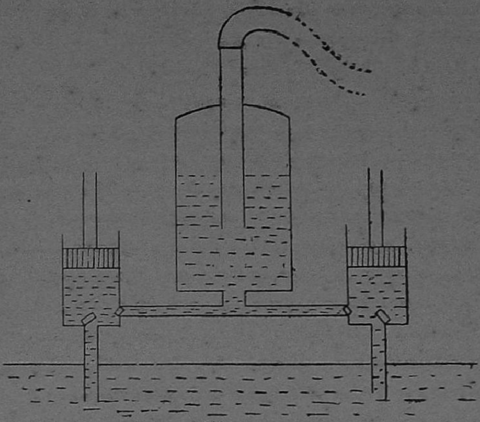
அடுத்ததாக 'ஏற்றுப்பம்பு' (போர்ஸ் பம்பு—Force Pump) என்றதைப் பற்றிக் கூறுவோம். அதில் 'வட்டப்பேழை' (பாரல்—Barrel) எனப்படும் குழல் உள்ளது. பாரலின் அடிப்பாகத்தில், நீண்ட குறுகிய குழாயொன்று அதனுடன் சேர்கின்றது. அது பொருந்தும் இடத்தில், உள்விடு (இன்லெட்) வால்வு ஒன்றுள்ளது. அது பாரலினுள் நீர் வருவதைத் தடுக்காது ; பாரலினின்று அக்குழாய் வழியே நீர் வெளியே போவதைக் தடுக்கும்.



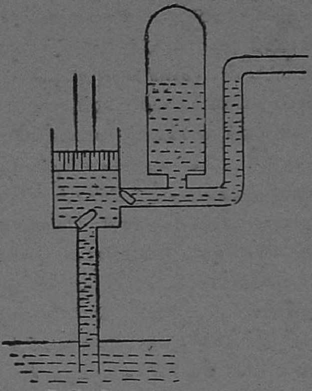
படம் 73—75

அமுக்கச் சாதனங்கள்

(i) பீச்சாங்குழாய் (Syringe)
(ii) ஏற்றுப்பம்பு (Force Pump)
(iii) உறிஞ்சுப்பம்பு (Suction Pump)



IV



(v)

படம் 76, 77

அமுக்கச் சாதனங்கள்

(iv) நெருப்பணைக்கும் எஞ்சின் (Fire Engine)
(v) நீரேற்றுப்பம்பு.

பாரவின் பக்கவாட்டத்தில் வளைகுழாயொன்று சேர்கின்றது. அது கூடும் இடத்தில் ஒரு வெளிவிடு (அவுட்லெட்) வால்வு உள்ளது. அது நீர் பாரலுக்குள் வருவதைத் தடுத்து, பாரலினின்று வளைகுழாய் வழியே வெளியேறுவதைத் தடுக்காது. பாரலில், காற்றுப் புகவொட்டாத பீச்சான் ஒன்றுள்ளது. அது நீண்டக் கம்புக் கைப்பிடியுடன் கூடியது. அதைப் பிடித்துக்கொண்டு, பீச்சானை

மேலுங்கீழுமாய் அசையுமாறு செய்யலாம். பீச்சானே, பாரலின் அடிப்பகுதியில் வைத்துக்கொண்டு, நீள்குழாயின் கீழ் நுனி தொட்டி நீரின் கீழ் அமிழ்ந்துள்ள வாறு வைப்போம். பிறகு, பீச்சானை மேல்நோக்கி இழுப்போம். அதன் கீழுள்ள பாகம் வெற்றிடமாகின்றது. அதனுல், நீள் குழாயிலுள்ள காற்று, உள்விடு (இன்லெட்) வால்வைத் திறந்துகொண்டு, பாரலுக்குள் பாவி நிரம்பு கின்றது. பக்கவாட்ட வால்வு, வெளிவிடும் (அவுட்லெட்) வகையினதானமை யின், வளைகுழாயினின்று, பாரலுக்குள் காற்று வாமுடியாது. குறுகிய குழாயி லுள்ள காற்று விரிந்து, அதன் பருமன் அதிகமாகின்றமையின், செறிவு குறை கின்றது. அதனுல், அமுக்கமும் குறைகின்றது. ஆதலின், தொட்டி நீரின் பரப்பில் அழுத்தும் பவன அமுக்கம், குறுகிய குழாயினுள் நீரை ஏற்றுகின்றது. பீச்சான் கீழ்வாட்டமாய் தள்ளப்படுகின்றது. உள்விடு வால்வு அடைபடுகின்றது. வெளிவிடு (அவுட்லெட்) வால்வு திறக்கப்பட்டு, அதன் வழியே பாரலிலுள்ள காற்று வெளியேறுகின்றது. பிறகு, பீச்சானை மேலே இழுக்கும்போது, குறுகிய குழாயிலுள்ள காற்று பாரலினுள் விரிந்து நிரம்புகின்றது. அதில் நீர் இன்னும் அதிக உயரத்திற்கு ஏறுகின்றது. மேலுங்கீழுமாய், பீச்சான் சில தடவைகள் அசைக்கப்பட்ட பிறகு, குறுங்குழாயில் ஏறிய நீர் பாரலுக்குள் புகுகின்றது. அதற்கடுத்த தடவை பீச்சான் கீழ் வாட்டமாய்த் தள்ளப்படும் போது, பாரலினுள் வந்த நீர், வெளிவிடு (அவுட்லெட்) வால்வைத் திறந்து கொண்டு வளை குழாயின் வழியே வெளிப்படுகின்றது. அதன் பிறகு, பீச்சான் மேல் நோக்கி இழுக்கப்படும் ஒவ்வொரு தடவையும் பாரலினுள் தண்ணீர் நிரம்புகின்றது; பீச்சான் கீழ்நோக்கித் தள்ளப்படும்போதெல்லாம் குழாயின் வழியே நீரேறி வெளிப்படுகின்றது, பீச்சான் கீழிறங்கும் தருணங்களில் மட்டுமே, வளைகுழாயின் வழியே நீரேறி வெளிப்படும். ஆதலின், அது விட்டுவிட்டு வெளிப்பாயுமேயன்றி, ஒரே சீராய்ப் பாய்ந்துகொண்டிருக்காது. வளைந்த குழாயுடன் அதைவிடப் பெரிதான குழலுடன் சேர்ந்து, அக்குழலி னின்று வெளிச்செல்லும் குழாயைப் பொருத்துவதால், நீர்ப்போக்கை ஒருவாறு சீராக்கலாம். அவ்வாறு இடைப்படும் குழலின் மேற்புறம் அடைக்கப் பட்டிருக்கும். அதில் எப்போதும் சிறிதளவான காற்று இருக்கும். வெளிவிடு (அவுட்லெட்) வால்வின் வழியே பாய்கின்ற நீர் அவ்விடைக் குழலினுள் முதலில் செல்கின்றது. அப்போது, அதிலுள்ள காற்று அமுக்கப்படுகின்றது, பீச்சான் மேல்நோக்கி இழுபட்டுக்கொண்டிருக்கும்போது, குழலினுள் நீர் பாயா துள்ளமையின், அதில் அமுக்கப்பட்டுள்ள காற்று மீண்டும் விரிகின்றது. அதனுல் அதனடியிலுள்ள நீரில் அமுக்கமேற்பட்டு, அது வெளியேறுகின்றது. ஆயினும் அவ்வாறு பாயும்போது, அதன் வேகம், பீச்சான் தள்ளப்படுதலை யொட்டிப் பாயும் நீரின் வேகத்தைவிடக் குறைந்தேயிருக்கும். நீர் விட்டு விட்டுப் பாயாமல், தொடர்ந்து பாய்ந்துகொண்டிருப்பினும், அது ஒரே சீரான வேகத்துடன் சென்றுகொண்டிருக்காது ; அதிக வேகமாயும், குறைந்த வேகமாயும் மாறிமாறிப் பாய்ந்துகொண்டிருக்கும்.

ஏற்றுப்பம்பும் இருதயமும்.

மேற்கூறிய வகையான பம்பு வேலை செய்யும் முறையையே, இருதயம் வேலை செய்யும் முறை ஒத்துள்ளது. இருதயத்திலும், உள்விடு (இன்லெட்), வெளிவிடு (அவட்லெட்) வால்வுகள் உள்ளன. இருதயம் சுருங்கும்போது, தன்னிலுள்ள இரத்தத்தை அமுக்குகின்றது; அவ்வாறே, பம்பின் பீச்சான் கீழே தள்ளப்படும்போது, அது, பாரலிலுள்ள நீரை அமுக்குகின்றது. எனவே, இருதயம் சுருங்குவதும், பம்பின் பீச்சான் கீழ்நோக்கி அழுத்தப்படுவதும், ஒரேவாறான விதியிலை யொட்டியவை; இரண்டும் அமுக்கத்தை அதிகப்படுத்தும் செயல்கள். இருதயம் விரிவதும், பம்பின் பீச்சான் மேலிழுக்கப்படுவதையொட்டி பாரலின் உள்ளிடம் வெற்றிடமாதலும் ஒரே வகையான தெரியற் செய்கை நிகழ்ச்சிகள்; இரண்டாலும் அமுக்கம் குறைக்கப்படுகின்றது. இருதயம் விரியும்போது, அதனுள் இரத்தம் பாய்கின்றது; பம்பின் பீச்சான் மேலேயிழுக்கப்படும்போது, அதன் பாரலினுள் நீர் வருகின்றது. இன்னும், பம்பில், நீர் விட்டுவிட்டுப் பாயாமல், தொடர்ந்தவாறு பாய்வதற்கென, அமைக்கப்பட்ட குழலிலுள்ள காற்று செய்யும் வேலையை, உடலின் எலாஸ்டிக்கான ஆர்டரிகள் செய்கின்றன. இரத்தம் இருதயத்தினின்று அமுக்கத்துடன் வரும்போது அவை விரிகின்றன. பின், இருதயம் விரிந்துகொண்டுள்ளபோது, ஆர்டரிகள் சுருங்கி, அவற்றிலுள்ள இரத்தம் ஓடிக்கொண்டிருக்குமாறு செய்கின்றன இவ்வாறு, அவை, இடைவிடாது இரத்தம் பாய்ந்துகொண்டேயிருக்குமாறு செய்தாலும், இருதயம் விரிந்துகொண்டுள்ளபோது, ஆர்டரிகளின் அழுத்தலால் செலுத்தப்படும் இரத்தத்தின் ஓட்ட வேகம், இருதயச் சுருங்கலால் அமுக்கப்பட்டு பாயும்போதுள்ள வேகத்தைவிடக் குறைந்தேயுள்ளது.

நெருப்பணைக்கும் இயந்திரம்

நெருப்பணைக்கும் இயந்திரங்களிலும் ஏற்றுப்பம்புகளே வேலை செய்கின்றன. அவ்வியந்திரங்கள், இரண்டு ஏற்றுப் பம்புகளைக் கொண்டவை. இரண்டின் பக்கவாட்டக் குழாய்களும், ஒரு பெரிய கலத்தினுள் செல்கின்றன. அக்கலத்தினின்று வெளியேற்றுக் குழாய் கிளம்புகின்றது. ஒரு பம்பின் பீச்சான் கீழ்வாட்டமாய் இறங்கும்போது மற்றொரு பம்பினது மேல்வாட்டமாய் இழுக்கப்படும்படி, அவற்றின் கைப்பிடிகள் குறுக்குக் கம்பொன்றால் தொடுக்கப்பட்டுள்ளன. அதனால், கலத்தினின்று வெளியேற்றுக் குழாய் வழியே, தண்ணீர்ச் சீராய் ஏறிப் பாய்கின்றது.

உறியீர்த்தல் (ஸக்ஷன்) பம்புகள்.

நீர் இறைக்கும் இயந்திரங்களிலும், ஏற்றுப்பம்பு முறையே அனுசரிக்கப்படுகின்றது. மண்ணெண்ணெய் டின் முதலானவற்றிலிருந்து எண்ணெயை இறைக்கும் பம்புகள், ஏற்றுப்பம்புகளினின்று சற்று மாறிய வகையில் அமைக்கப்பட்டவை. அவற்றிலும், பாரல்—பீச்சான்—அமிழ்த்து நீள்குழாய் — என்ற அமைப்புக்கள் உண்டு. நீள்குழாய் பாரலுடன் பொருந்தும் இடத்தில் உள்விடு (இன்லெட்) வால்வும் உண்டு. ஆனால், பக்கவாட்டத்து வளைகுழாய் இல்லை. பாரலின் மேற்பாகத்தில், கீழ்நோக்கிச் சற்று வளைந்துள்ள

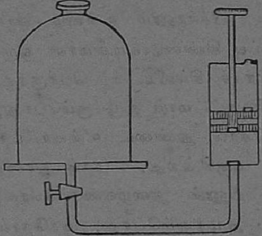
'மூக்குக்குழாய்' (ஸ்பவுட்–Spout) உள்ளது. பீச்சானில் வெளிவிடு (அவுட்லெட்) வால்வு உள்ளது. பாரலின் அடியிலிருந்து மேல்வாட்டமாய்ப் பீச்சான் இழுக்கப் படும்போது, அதன் கீழ் வெற்றிடம் அமைகின்றது. குறுங்குழாயிலுள்ள காற்று பாரலினுள் பரவுகின்றது. பீச்சான் கீழ்வாட்டமாய்த் தள்ளப்படும் போது, பாரலிலுள்ள காற்று பீச்சானிலுள்ள வால்வைத் திறந்துகொண்டு, பாரலினுள் நுழைந்து, மூக்கின் வழியே வெளியேறுகின்றது. பீச்சான் மேலுங்கீழுமாய்ச் சில தடவைகள் அசைக்கப்பட்ட பிறகு, பாரலின் காற் றெல்லாம் வெளியேற்றப்பட்டுவிடுகின்றது ; அதனுள் தண்ணீர் வருகின்றது. பிறகு அந்நீர் பாரலில் நிரம்பி, மூக்கின் வழியே, கொட்டுகின்றது. எனவே, இவ்வகைப் பம்பில், பீச்சான் மேல்வாட்டமாய் இழுக்கப்படும்போது, மூக்கின் வழியே நீர்ப் பொழிகின்றது ; பீச்சான் கீழ்வாட்டமாய்த் தள்ளப்படும்போது, மூக்கினின்று நீர் விழாது ; விட்டுவிட்டே மூக்கின் வழியாய் நீர் வெளிப்பட்டுக் கொண்டிருக்கும். இவ்வகைப் பம்புகள், சாமானியப் பம்புகள் (Common Pumps) அல்லது உறியீர்த்தல் பம்புகள் (Suction Pumps) எனப்படுகின்றன.

மேற் கூறப்பட்ட வகையினவான பம்புகள் எல்லாவற்றிலும், நீரில் அமிழ்த்தப்படும் நீள் குழாயின் வழியே, தண்ணீரை உந்தி யேற்றுவது, பவன வமுக்கமே. கடல் மட்டத்தில், அவ்வமுக்கம், முப்பது அங்குல உயரமான பாதரசத் தூணின் கனத்திற்கு நிகரானது எனக் கூறியுள்ளோம். பாதரசம் தண்ணீரைவிட, பதின்மூன்றரை மடங்கு அதிகச் செறிவானது. எனவே, பவனவமுக்கம், $30 \times 13\frac{1}{2} = 405$ அங். $= 34$ அடி (சுமாராக), 'தண்ணீர்த் தூணுக்கு' நிகரானது. எனவே, பவனவமுக்கம், நீரை, முப்பத்துநான்கு அடிக்குமேல் ஏற்றமுடியாது. ஆழமான கிணறுகளினின்று நீர் இறைப்பதற்கு உறியீர்த்தல் (ஸக்ஷன்) பம்புகள் பயன்படா. அவற்றின் நீள்குழாய்கள் முப்பத்து நான்கு அடிகளைவிட அதிக நீளமாய் இருந்தால், நீர் பாரலுக்குள் வரவே வராது. பீச்சான், வால்வுகள்—முதலானவை, முற்றும் திருத்தப்பொருத்த மானவை அன்று. அவற்றின் வழியே, ஒழுக்குகள் ஏற்படலாம். ஆதலின், நடைமுதலில், நீள்குழாய், இருபத்தெட்டு அடிகளுக்குமேல் அதிக நீளமா யிருந்தால், பம்பு வேலை செய்யாது. ஆழமான கிணறுகளினின்று நீர் இறைப்பதற்கு, ஏற்றுப்பம்புகளே, தக்கவை. அவற்றின் பக்கவாட்டத்து வளைகுழாய், கிணற்றின் ஆழத்தைவிட அதிகவளவு நீண்டவாறு அமைக்கப்படும். அப்பம்பின் பாரல், கிணற்றினுள், அதன் நீர் மட்டத்திற்குச் சற்று மேலே யிருக்கும்படி இறக்கப்படும். அதன் பீச்சானின் கைப்பிடிக்கம்பு கிணற்றின் ஆழத்தைவிட அதிகவளவு நீளமாயிருக்கும். தரைமட்டத்திலிருந்துகொண்டு, அதை மேலுங்கீழுமாய் ஆட்டுவதால், பீச்சானும் மேலுங்கீழுமாய் அசைகின்றது; பக்கவாட்டத்துக் குழாயில் நீரேறி வெளியே பாய்கின்றது. இவ்வாறு, எவ்வளவு உயரத்திற்கு வேண்டுமாயினும், நீரை ஏற்றலாம் ; எவ்வளவு ஆழமான

கிணற்றினின்றும் நீர் இறைக்கப்படலாம். இவ்வகைப் பம்புகள், அதிகமான அமுக்கத்தைத் தாங்கும் வண்ணம், உறுதியாய் அமைக்கப்படவேண்டும். வால்வுகளும், ஒழுக்கு மிகக் குறைவானவாறு, செவ்வனேயிருக்கவேண்டும்.

காற்று நீதப் பம்புகள்.

பம்பு முறையை யொட்டியே, ஓரிடத்திலமைக்கப்பட்டுள்ள காற்றின் அமுக்கத்தை அதிகமாகவாவது, குறைவாகவாவது, செய்யும் கருவிகள் அமைக்கப்படுகின்றன. அவை, ‘காற்று நீதப்பம்புகள்’ (Air Pumps) எனப்படுபவை. காற்றின் அமுக்கத்தைக் குறைக்கும் வகையினவை, ‘அகற்றிப் பம்புகள்’ (Exhausting pumps)எனப்படுகின்றவை. அமுக்கத்தை அதிகமாக்குபவை ‘இறுக்கிப் பம்புகள்’ (Condensing Pumps) எனப்படுகின்றன. அகற்றிப் பம்புகள், நாம் மேலே கூறிய, உறியீர்த்தல் (Suction) முறையை யொட்டி அமைக்கப்படுபவை. அப்பம்பின் அடிக்குழாய் நுனி அமுக்கம் குறைக்கப்படவேண்டியதான காற்று அடக்கப்பட்டுள்ள இடத்தில் சேர்க்கப்பட்டிருக்கும். அடிக்குழாய் பாரலுடன் பொருத்தப்படும் இடத்தில் உள்விடு வால்வு உள்ளது. பீச்சானில் வெளிவிடு வால்வு உள்ளது. பாரலின் மேற்பகுதியில் மூக்குக் குழாய் இல்லை; சிறு ஓட்டை ஒன்றுமட்டுமேயிருக்கும். பீச்சான் மேலிழுக்கப்படும்போது, அடைக்கப்பட்ட காற்றும் நீண்ட குழாய்க் காற்றும், உள்விடு வால்வைத் திறந்துகொண்டு, பாரலினுள்ளும் வியாபிக்கின்றன. அதனால் காற்றமுக்கம் குறைகின்றது. பிறகு பீச்சான் கீழ் வாட்டமாய்த் தள்ளப்படும்போது, பாரலிலுள்ள காற்று, பீச்சான் வால்வைத் திறந்துகொண்டு, ஓட்டையின் வழியே வெளிச் சென்றுவிடும். பீச்சான் மறுபடியும் மேலே இழுக்கப்படும்போது, உள்ளிடக்காற்று, பாரலினுள்ளும் வியாபிக்கின்றது. அதன் அமுக்கம் மேலும் குறைகின்றது. பீச்சான் கீழிறங்கும்போது, பாரலிலுள்ள காற்று வெளியேறுகின்றது. இவ்வாறு,



படம் 78

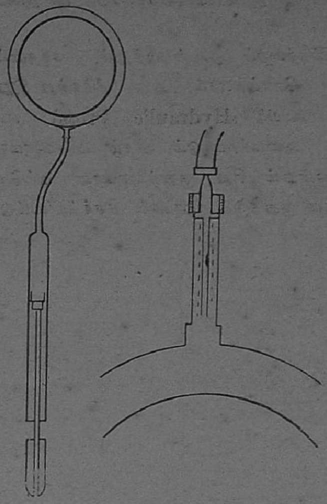
அகற்றிப்பம்பு (Exhausting Pump)

பீச்சானின் கீழும் மேலுமான அசைவின் காரணமாய், அடைக்கப்பட்ட காற்றின் அமுக்கம், முறையே, குறைந்துகொண்டுவரும். இறுதியில், காற்

றடைக்கப்பட்ட இடத்திலுள்ள காற்றின் அமுக்கம் மிகவும் குறைந்துவிடும். இவ்வகையில், காற்று அகற்றப்படுகின்றது. இடத்தின் பருமன் மாறாதுள்ளது; அமுக்கம் குறைகின்றது; எனவே, செறிவும் குறைகின்றது; ஆங்குள்ள காற்றின் நிறை குறைகின்றது; அதாவது, ஓரளவான காற்று அகற்றப் படுகின்றது. அவ்விடத்திலுள்ள காற்றை முற்றும் அகற்றமுடியாது. ஆங்கு, மிகவும் சிறிதளவான காற்று இருந்தே தீரும். சாதாரணமாக, நாம் 'வெற்றிடம்' (வாக்யூம்—Vacuum) எனக் குறிப்பிடும் இடம், மிகக் குறைந்த அமுக்கமான காற்றுள்ள இடம், என்பதையே. அது 'கிட்டத்தட்ட' வெற்றிடம். மேற் கூறிய வகையில், மிகவும் செம்மையாய் அமைக்கப்பட்ட பம்பு ஒன்றைக் கொண்டும், முந்நூற்றிலொரு பங்கு ($\frac{1}{300}$) அங்குலத்திற்கு குறைந்தவளவான அமுக்கத்தை அடைய இயலாது. அதாவது, ஓரிடத்தில் பவன வமுக்கத்தினதான ஓரளவுக் காற்று இருந்தால், அதில் $\left(1-\frac{1}{300\times 30}=\frac{8999}{9000}\right)$ ஒன்பதினுயிரத்தில், எண்ணுயிரத்து தொளாயிரத்து தொண்ணூற்று ஒன்பது பங்கை அகற்றிவிடலாம்; சொச்சமான, ஒன்பதினுயிரத்திலொரு பங்கை அகற்றமுடியாதுள்ளது. வேறு வகைகளில், மிகவும் சிறந்தவாறு அமைக்கப் பட்ட பம்புகளைக்கொண்டு, முப்பது கோடியிலொரு பங்கு $\left(\frac{1}{30,00,00,000}\right)$ அங்குலவளவுக்கு அமுக்கத்தைக் குறைக்கலாம். இதைவிடவும் குறைந்த அமுக்கமானவாறு அமைக்கும், செயல்முறைக் கருவிகள் கண்டுபிடிக்கப்படலாம். ஆனல், அறவே காற்றகற்றப்பட்ட வெற்றிடமொன்றை செயல்முறையை யொட்டி அமைத்தலியலாது.

நாம், சாதாரணமாக, ஸைகிள்களுக்குக் காற்றடிக்க உபயோகிப்பவை, 'இறுக்கி' (Condensing) வகையான பம்புகள். புட்பால் பிளாட்டர்களுக்குக் காற்றடிக்க உபயோகிக்கப்படும் பம்புகளும், 'இறுக்கி' வகையினவே. 'இறுக்கி'ப் பம்புகளில், பீச்சானும் உள்விடு வால்வும் ஒரே அமைப்பில் உள்ளவை. அவ்வமைப்பு, கிண்ண வடிவமான ஒரு தோல் துண்டு. அது சற்று திடமான உலோகச் சில்லியுடன் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். பம்பின் கைப்பிடிக் கம்பை மேல்வாட்டமாய் இழுக்கும்போது, வெளியேயுள்ள பவனக் காற்றின் பகுதி, அத்தோல் துண்டை உள்வாட்டமாய்ச் சற்றுத் தள்ளிக் கொண்டு, பாரலினுள் புகுகின்றது. (நாம் ஓரறையின் கதவைச் சற்றுத் தள்ளிக்கொண்டு, அறையினுள் நுழைவதைப்போல) பம்பின் கைப்பிடிக் கம்பை உள்வாட்டமாய் அழுத்தும்போது, அத்தோல் துண்டு, பாரலிலுள்ள காற்றின் அமுக்கத்தால் வெளிவாட்டமாய் அமுக்கப்பட்டு, இடுக்கு விழாதபடி, பொருத்தமாய்ச் சரிகின்றது. ஆதலின் பாரலிலுள்ள காற்று அதை மீறிக் கொண்டு அவ்வழியே வெளியேற முடியாது. அது, பாரலின் கீழ்வாட்டத்தி லுள்ள துளையின் வழியே வெளியேற முடியும். நாம் உபயோகிக்கும் பம்பு,

ஸைகிள் பம்பாயிருந்தால், அத்துளையுடன் தொடர்பாய்ப் பொருத்தப்பட்டுள்ள ரப்பர் குழாயின் வழியே, அக்காற்று அமுக்கப்பட்டு, ஸைகிள் ட்யூப்புக்குள்



படம் 79, 80

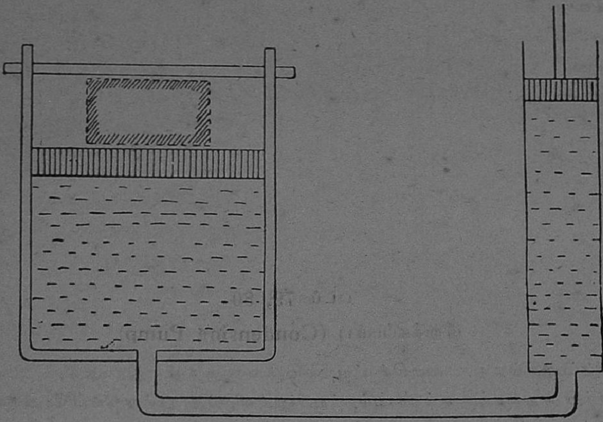
இறுக்கிப்பம்பு (Condensing Pump)

உந்தப்படுகின்றது. ஸைகிள் ட்யூபில் ஒரு வால்வு உள்ளது. அது, ட்யூபினுள் காற்று ஏறுவதற்கு ஏற்றதாயும், ட்யூபினுள்ளிருந்து காற்று வெளியேறுவதைத் தடுப்பதாயும் அமைந்தவாறான சிறு ரப்பர் குழாயில் சொருகப்பட்ட பக்கத்துளை கொண்ட மெல்லிய உலோகக் குழாய். எனவே, அதுதான் ட்யூபின் உள்விடு வால்வு; அதன் வழியே ட்யூபினுள் காற்று ஏறலாம்; ட்யூபினின்று காற்று வெளியேறவொட்டாது. பம்பினால் அடிக்கப்படும் காற்று அவ்வால்வின் வழியே ட்யூபினுள் ஏறுகின்றது. எனவே, அவ்வால்வே பம்பின் வெளிவிடு வால்வு; எனலாம். அதாவது, பம்பினால் அடிக்கப்படும் காற்றை அது, பம்புக்கு வெளியேவிடும். அவ்வழியே, வெளிக்காற்றைப் பம்பினுள் வரவொட்டாது தடுத்துவிடும். ஆகவே, ட்யூபின் உள்விடு வால்வும், பம்பின் வெளிவிடு வால்வும், ஒரே வால்வுதான். கைப்பிடிக்கம்பை மேலுங்கீழுமாய்ப் பல தடவைகள் அசைப்பதால், ட்யூபினுள் காற்றேறுகின்றது; அதன் அமுக்கம் அதிகமாகின்றது. புட்பால் பிளாட்டரில் வால்வு இல்லை. பம்பினால் அடிக்கப்படும் காற்று பிளாட்டரில் உந்தப்பட்டு, பிளாட்டர் உப்புகின்றது; அதிலுள்ள காற்றின் அமுக்கம் அதிகமாகின்றது. வேண்டியவரை காற்றை அதனுள்

இறுக்கியபின், அதன் கழுத்திலுள்ள சிறு ரப்பர் குழாய் கயிற்றினால் இறுகக் கட்டப்படுகின்றது. அதன் பிறகு பம்பு வெளியே எடுக்கப்பட்டுவிடும். பிளாட்டரிலுள்ள காற்று அதிலேயே வாய்க்கட்டால் அடைக்கப்படுகின்றது.

நீரேற்று இறுக்கி

நீரின் அமுக்கத்தைப் பயன்படுத்தும், சாதனம் ஒன்றைப்பற்றிச் சொல்லலாம். அது, 'நீரேற்று இறுக்கி' (ஹைட்ராலிக் பிரஸ்—Hydraulic Press) எனப்படுவது. அது அமைக்கப்படும் விதம் பின்வருமாறாம். அதிக குறுக் களவான பாரல் ஒன்றும் சிறு குறுக்களவான மற்றொன்றும், ப—என்ற எழுத்தின் வடிவமான குறுக்குக் குழாயால் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு

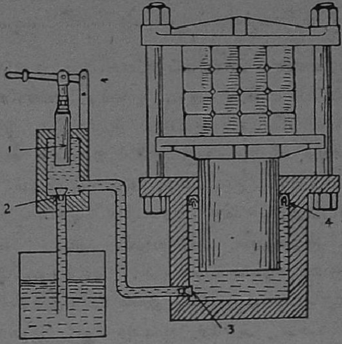


படம் 81

நீரேற்று இறுக்கி முறை (Hydraulic Press Principle)

பாரலிலும், அதனதன் அளவேயான பீச்சான்கள் ஒவ்வொன்று உள்ளன. சிறு பாரல் நீளமானது; பெரும் பாரல் குட்டையானது. பீச்சான்களுக்குத் கீழேயுள்ள பாரல் பகுதிகளும், குறுக்குக் குழாயும் நீர் நிரம்பியுள்ளன. சிறு பாரலின் பீச்சானைக் கீழ்வாட்டமாய் அழுத்தினால், அது, தன் கீழுள்ள நீரின் பரப்பை அமுக்கும். அவ்வமுக்கம், ஒவ்வொரு சதுர அங்குலப் பரப்பிலும், முறையே, ஓரளவான வலிமையுடன் அழுத்துகின்றது. அவ்வலிமையளவு மாறாதவாறு, பெரிய பாரலிலுள்ள பீச்சான் கீழிருந்து அமுக்கப்படுகின்றது. அதனால் அப்பீச்சான் மேல்வாட்டமாய் நகர்கின்றது. அதன் பரப்பளவு சிறு பாரலினதைவிடப் பன்மடங்கு அதிகமானது; ஒவ்வொரு சதுர அங்குலப் பரப்புக்குமான வலிமையளவு மாறாதுள்ளது; எனவே, பெரும் பீச்சான்மீது

பிரயோகிக்கப்படும் வலிமையினளவு, சிறு பீச்சானை அழுத்தும் வலிமையைவிடப் பன்மடங்கு அதிகமாயிருக்கும். உதாரணம் காட்டலாம். சிறு பாரலின் பரப்பு, 10 சதுர அங்குலமெனவும், பெரும் பாரலினது 1000 சதுர அங்குலமெனவும், சிறு பீச்சான் 5 பவுண்டு வலிமையுடன் அழுத்தப்படுகின்றது எனவும், கொள்வோம். எனவே, சதுர அங்குலத்திற்கு $\frac{5}{10} = \frac{1}{2}$ பவுண்டு வீதம் வலிமை பிரயோகிக்கப்படுகின்றது ; பெரும் பீச்சான்மீது பிரயோகிக்கப்படும் வலிமை, $\frac{1}{2} \times 1000 = 500$ பவுண்டுகள். இப்படி, ஐந்து பவுண்டு வலிமையின் பிரயோகத்தால், ஐந்நூறு பவுண்டு வலிமை உபயோகப்படுமாறு, செய்யப்படுகின்றது. $\frac{\text{பெரும் பீச்சான் பரப்பு}}{\text{சிறு பீச்சான் பரப்பு}}$ என்ற வீதத்தில் வலிமை பெருக்கப்படுகின்றது. இவ்வாறு வலிமையைப் பெருக்குவதற்கென சிறு பீச்சான் அழுத்தப்படும்போது, அது, அதிக தூரம் அழுத்தப்பட்டால், பெரும் பீச்சான் கொஞ்ச தூரமே நகரும். சிறு பீச்சானை 50 அங்குல தூரம் அழுத்தினல், பெரும் பீச்சான் $\frac{1}{2}$ அங்குல தூரமே நகரும். சிறு பீச்சான் செய்யும் வேலை, $50 \times 5 = 250$,



படம் 82

நீரேற்று இறுக்கி (Hydraulic Press)

1. பீச்சான்.
2. } வால்வு.
3. }
4. நீரிறுக்க அடைப்பு (Water-tight Packing)

என்றதும், பெரும் பீச்சான் செய்யும் வேலை, $\frac{1}{2} \times 500 = 250$, என்றதும் நிகரானவை. நீரேற்று இறுக்கியில் (ஹைட்ராலிக் பிரஸ்ஸில்), பெரிய பீச்சானுக்குச் சற்று மேலே, தடித்த உறுதியான தட்டு ஒன்று பொருத்தப் பட்டிருக்கும். அதற்கும், பீச்சானுக்கும் இடையிலுள்ள இடத்தில் வைக்கப் படும் பொருள் ஒன்றை, சிறிய பீச்சானைச் சிறிதளவு வலிமையுடன் அழுத்தி,

பெரும் பீச்சான்மீது அதிக வலிமை அமுக்கும்படி செய்து, அப்பீச்சான் நகர்வதினால், நன்ருய் இறுக்கலாம். இவ்வாறு அமைக்கப்பட்ட ஹைட்ராலிக் பிரஸ்களைக்கொண்டு, பஞ்சு மூட்டைகள், கம்பளி நூல் மூட்டைகள் முதலானவை இறுக்கப்படுகின்றன. அப்போது அவற்றின் பருமன் மிகவும் குறைந்துவிடும். அம்மூட்டைகள் வைக்கப்படும் பண்டகசாலைகளில் அவை, அதிகமாய் இடத்தை அடைத்துக்கொள்ளாதிருக்கின்றன. அம்மூட்டைகளை ஏற்றுமதி இறக்குமதி செய்யவும் வசதியாயுள்ளது. ஹைட்ராலிக் பிரஸ்களைக் கொண்டு, மணிலாக்கொட்டை முதலானவை நன்கு கசக்கிப் பிழியப்பட்டு, அவற்றினின்று எண்ணெய் எடுக்கப்படுகின்றது.

நடைமுதலில் கையாளப்படும் பம்புகள், ஹைட்ராலிக் பிரஸ்கள் முதலானவற்றில், பீச்சானை அசைக்கும்போது, சாதாரணமாக, கைப்பிடிக் கம்பை நேரே கையால் பிடித்துக்கொண்டு ஆட்டுவதில்லை. கைப்பிடிக் கம்புடன் நெம்புகோலொன்று இருத்தப்படும். நெம்புகோலின் நுனியை ஆட்டி, 'விசை' பிரயோகிக்கப்படுகின்றது. அவ்விசை மனித வலிமையாயிருக்கலாம்; அன்றி, மற்றவற்றைப் பூட்டியதாலான வலிமையாயிருக்கலாம்.

அமுக்க மாற்றங்களை யொட்டிப் பயன்படும் கருவியொன்று, சமீப காலத்தில், அமைக்கப்பட்டது. அது, இரும்பு நுரையீரல் (Iron Lung) எனப்படுவது. நோய் நிமித்தம் சரியாய் மூச்சுவிட முடியாது துன்புறுவோர்க்குத் துணையாயும், விபத்துக்களுக்குட்பட்டு மூச்சு நின்றுபோனவருக்கு உயிர்ப்பு மூட்டவும், அது பெரிதும் பயன்படுகின்றது. இரும்பு நுரையீரல் அது, எஃகுத் தகடால் செய்யப்பட்ட குழல். அக் குழலினுள் நோயாளி படுக்க வைக்கப்படுகிருன். சுழுத்துமட்டில் ஒரு ரப்பர் வளையமுள்ளது. அதன் வழியே நோயாளியின் தலை வெளியே நீட்டிக்கொண்டிருக்கும். இவ்வாறு கழுத்திலிருந்து கால்வரை, அது ஒரு கவசம்போன்று, அவனை மூடியுள்ளது. குழலின் தகட்டிற்கும் உடலுக்கும் இடையிலுள்ள காற்றின் அமுக்கத்தைத் தக்கவாறு மாற்றுவதற்கான சாதனம் உள்ளது. ஒவ்வொரு நிமிஷமும் பன்னிரண்டு தடவைகள் அமுக்கம் மாற்றப்படுகின்றது. முதலில், அவ்வமுக்கம் பவனவமுக்கத்தைவிடச் சற்று அதிகமானவாறு உள்ளது. இவ்வாறு ஐந்து ஸெகண்டுகளுக்குள்ளது. அடுத்த ஐந்து ஸெகண்டுகளுக்கு, அவ்வமுக்கம், பவனவமுக்கத்தைவிடச் சற்றுக் குறைந்தவாறுள்ளபடி மாற்றப்படும். பிறகு, ஐந்து ஸெகண்டுகளுக்கு பவனவமுக்கத்தைவிடச் சற்று அதிகமானபடியாகும். இவ்வாறு அவ்வமுக்கம் மாறி, மாறி, பவனவமுக்கத்தைவிடச் சற்று அதிகமாயும், சற்றுக் குறைந்தும், வருவதாயாகும். நோயாளியின் உடலை அழுத்தும் அமுக்கம் பவனவமுக்கத்தைவிட அதிகமாயுள்ளபோது, அவனது நுரையீரல்கள் சுருங்குகின்றன; அவற்றினின்று வாயுக்கள் வெளியேறுகின்றன; அதனுடன்மீதான

அமுக்கம் பவனவமுக்கத்தைவிடக் குறைந்துள்ளபோது, நரையீரல்கள் விரிகின்றன; காற்று உள்ளே வாங்கப்படும். எனவே, நரையீரல்களைச் சுருங்கவும் விரியவும் செய்கின்ற தசைகள் செய்யும் வேலையையொத்த பணி செயற்கையாய் நடைபெறுகின்றது. மூச்சு முறை தடைப்படாதுள்ளது. விபத்துக்குட்பட்டு மூச்சு நின்றுபோனவர்கள், தாமே மூச்சுவிடும் நிலைமையை அடையும் வரை, எஃகுக் குழலினுள்ளேயே வைக்கப்பட்டிருப்பார்கள். நோயாளிகள் எத்தனை நாட்களுக்காயினும் அதனுள் இருக்கலாம். அவர்களுக்கு உணவும் நீரும் ஊட்டவேண்டும். குழலுக்குள் ஒருவர் சென்று அவ்வப்போது, அதன் உட்பக்கத்தைச் சுத்தம் செய்யவேண்டும். நரையீரல் தசைகளின் திமிர்வாதத்தால் (பாராலிஸிஸ்) பீடிக்கப்பட்டு மூச்சுவிட முடியாது தவித்துக் கொண்டிருந்த அமெரிக்க நாட்டுக் கோடீஸ்வரன் ஒருவன், சிலவாண்டுகள் காலம் எஃகுக் குழலினுள் படுத்தவாறு, உயிர் பிழைத்திருந்தான். அதன் பிறகு அவன் நோய் குணப்பட்டுவந்து, ஸொஸ்தமானான். இரும்பு நரையீரல்கள் உடலின் நரையீரல்களுக்கு ஈடான அமைப்புக்களன்று. அவை நரையீரலை இயக்கும் தசைகளுக்குப் பதிலாய் ஒருவாறாய் அமைகின்றவை, எனக் கூறலாம்.

இதுவரைக் கூறியதினின்று, 'அமுக்கம்' என்ற வலிமையியல் ஒன்றின் மாற்றங்களினாலேயே, நமது உடலினுள்ளும் வெளியிலும் பல காரியங்கள் நடந்தேறுகின்றன, என அறியலாம். பீச்சாங்குழாய் முறை, காமன் பண்டிகையின்போது சிவப்பு நீரை அடித்து விளையாடுவதைவிட அதிக முக்கியமான காரியங்கள் பலவற்றைச் செய்யக் கையாளப்படுகின்றது, எனத் தெரிந்துகொண்டோம். மூலக்கருத்து ஒன்றினுடன் தொடர்புகொண்ட செய்வகைகள் பலவானவைக் எனக் காண்கிறோம். உடலினுள்ளும் வெளியே யும் நேரிடுகின்ற சம்பவங்களை ஊன்றிக் கவனித்து, அவற்றைப்பற்றிச் சிந்தனை செய்வதினாலேயே, அக்கருத்தின் பல அம்சங்களும் தெளிவாகின்றன. மூலக் கருத்துக்கள் தெளிவுற அறியப்படுவதால், செய்வகைகளைத் திருந்தியவாறு மாற்றிக்கொள்ளலாம். எனவே, அறிவும் செயலும் நெருங்கிய தொடர்புடனுள்ளவை. அறிவால் செயல் செம்மைப்படும்; செயலால் அறிவு தெளிவாகும். செயலின்றி அறிவு சிறப்புறாது; அறிவின்றிச் செயல் ஓங்காது. அறிவாளி களையும் தொழிலாளிகளையும் ஒன்று கூடுமாறு செய்வதே, தெரியற் செய்கை யின் சிறந்த பணியாம்.

ஐந்தாம் அத்தியாயம்

உணவுச் சேரிமானமும் கசடு கழித்தலும் கண்ணோட்ட ரஸாயனமும்

நமது உடலின் காரியங்கள் நடைபெறும் பொருட்டு, வெளியே யிருந்து வரவேண்டிய பொருள்கள், காற்றும் நீரும் உணவுமாம். அவற்றில் முதலாவதான காற்றை நமது உடல் எப்படி உட்கொள்கின்றது என்பதைப் பற்றியும், அக்காற்று உடலினுள் எவ்வாறு பயனுக்கப்படுகின்றது என்பதைப் பற்றியும் அறிந்துகொண்டோம். நாம் அருந்தும் நீரும் உணவும் உடலினுள் சென்று, அதற்குத் தேவையான எலும்பு, தசை, இரத்தம், வேலை செய்யச் சக்தி தரும் பொருள் முதலானவையாய் எப்படி மாறுகின்றன என்பதைச் சற்று கவனிக்கலாம். நாம், பலசரக்குக்கடை, காய் கறிக்கடை, கசாப்புக்கடை, காப்பிக்கடை முதலான பலவற்றைக் காலிசெய்து, என்னென்னத்தையோ சாப்பிடுகிறோம். இவ்வளவு பலபட்டரையான பதார்த்தங்கள் எல்லாம், நமது உடலில் சில வகையினவேயான பொருள்களாய் ரஸாயன மாற்றமடைகின்றன. அவ்வொவ்வொரு வகையான ரஸாயனப் பொருளும், ஒவ்வொரு வகையான காரியத்திற்கு ஏற்றதாய் உள்ளது. நாம் சாப்பிடுகின்ற ஆகாராதிகள் எல்லாம், உடலில் ஜீரணிக்கப்படும்போது முக்கியமான மூன்று வகை ரஸாயனப் பொருள்களாய் மாறுகின்றன. அவை, நமது இரத்தத்தின் மூலம் உடலில் பரவுகின்றன. அம்மூவகை ரஸாயனப் பொருள்கள், சர்க்கரைத் தன்மையானவை, கொழுப்புத் தன்மையானவை, சதைத் தன்மையானவை, எனலாம். ஆனல் நமது உணவுப் பதார்த்தமொவ்வொன்றிலும், ஒவ்வொரு வகை ரஸாயனப் பொருள் மட்டுமே இருக்கும் என்றில்லை. சாதாரணமாக, உணவுப் பதார்த்தமொன்றில் மூவகை ரஸாயனப் பொருள்களும் கலந்தவாறு இருக்கும். ஆனல், அவை, வெவ்வேறு உணவுப் பதார்த்தங்களில், வெவ்வேறன வீதப்படி, அளவில் குறைந்தவாறாகவேனும், மிகுந்தவாறாகவேனும், இருக்கின்றன.

உணவுப் பண்டங்கள்.

சர்க்கரைத் தன்மையானவை, என, நாம் மேலே குறிப்பிட்டவை, கார்போஹைட்ரேட்டுகள் எனப்படுகின்றன. ஜீரணத்திற்குப்பின், கார்போஹைட்ரேட்டுகள், குளூகோஸ் ரகமானவையாய் ஆகின்றன. குளூகோஸ்

ரகமானவையே, நாம் வேலை செய்வதற்கான சக்தியை மூட்டும் மூலப் பொருள்கள், என, நாம் முன்னரே கூறியுள்ளோம்.

கார்போ ஹைட்ரேட்டுகள்.

அதாவது, குளூகோஸ் ஆக்ஸிஜனுடன் ரஸாயனீயமாய்ச் சேரும்போது, நாம் வேலை செய்வதற்கான சக்தியும், சூடும், உண்டாகின்றன எனவும், அவ்வாறான மாற்றத்தின் பிறகு, கார்பன்டை ஆக்ஸைடும் நீரும் தோன்றுகின்றன எனவும், முன்னர் கூறியுள்ளோம். ஒரு எஞ்சினிலிருந்து, 'பயனுறு வேலை'யை அடைவதற்கென, அதில் கட்டையாவது, கரியாவது, எண்ணெயாவது, அன்றி அவற்றைப் போன்ற பொருள் எதுவாவது, எரிக்கப்படுகின்றது. அப்பொருள் 'எரிக்கொள்ளி' (பூயல்—Fuel) எனப்படுகின்றது. நமது தசை எஞ்சின்கள் 'பயனுறு வேலை' செய்யும்போது, ஆக்ஸிடேஷனாகும் பொருள்கள், குளூகோஸ் ரகமானவையே. ஆதலின், அவை, நமது உடலின் 'எரிக்கொள்ளி' (பூயல்) எனலாம். சர்க்கரை, முழு கார்போஹைட்ரேட், எனலாம். அதிலிருந்து, குளூகோஸைத் தவிர, உடலுக்கு உபயோகமானது வேறெதுவும் பெறப்படுவதில்லை. மைதாமாவு, கடலைமாவு என்றவற்றின் பெரும் பகுதிகள் கார்போஹைட்ரேட்டுகளே. அவற்றிலுள்ள மற்றவகை ரஸாயன ஊண் பகுதிகள் மிகவும் சொற்பமே. அவை, 'ஸ்டார்ச்சு' (Starch) ரகப்பொருள்கள், எனப்படுகின்றன. ரொட்டி (Bread) — கேக்குகள் (Cakes) — அரிசி— உருளைக்கிழங்கு—தேன்—ரவை, என்ற பலவும் கார்போஹைட்ரேட்டுகளையே அதிகமாய்க் கொண்டவை. ஆனால், அவற்றில் பயன்படக்கூடியவளவுக்கு, சதைத்தன்மையான பொருள்களும் உண்டு. சதைத்தன்மையான பொருள்கள், ஊனணுக்கள் (புரோட்டீன்கள்—Proteins) எனப்படுகின்றன.

கொழுப்புகள்.

கொழுப்பூண் வகைகள் எவை என்பது எல்லோர்க்கும் தெரியும். வெண்ணெய்—நெய்—எண்ணெய்—சில காய்கறிகள்—இறைச்சி—என்பவை கொழுப்பு உணவுகள்.

புரோட்டீன்களை விசேஷமாய்க் கொண்டுள்ள உணவுப் பதார்த்தங்கள், முட்டை—மீன்—இறைச்சி—கோதுமை போன்ற தானியங்கள் சில, பச்சைப் பட்டாணி, அவரைக்காய், முள்ளங்கி, பீட்ரூட், சேனைக்கிழங்கு, மொச்சைக் கொட்டை, நிலக்கடலை, துவரம் பருப்பு, பாசிப்பருப்பு, உளுத்தம் பருப்பு, காராமணி, பசலைப்பருப்பு, ஸோயாபீன், என்றவையும் இன்னும் பலவுமாம்.

புரோட்டீன்கள்.

கார்போஹைட்ரேட்டுகள், வேலை செய்யும் சக்தியை மூட்டவே, முக்கியமாய்ப் பயன்படுகின்றன, என, மேலே கூறினோம். புரோட்டீன்கள், அமீனோ-ஆஸிட்கள் (Amino-acids) எனப்படும் பொருள்களாய், ரஸாயன முறையையொட்டி பகுக்கப்படுகின்றன. அமீனோ-ஆஸிட்கள் பலவகைகளில் ரஸாயன முறையை

யொட்டிக் கலவையாவதினின்று வெவ்வேறு வகையான புரோட்டீன்கள் பயத்தப்படுகின்றன. நமது உடற்பகுதிகள் எல்லாம் பல்வேறு வகையினவான புரோட்டீன்களால் அமைக்கப்பட்டவையே. புரோட்டீன்களைக்கொண்டே, சிறு குழந்தையின் உடற்பகுதிகள் மேலும் மேலும் பெரிதாகின்றன; குழந்தை வளர்கின்றது. எக்காலத்திலும் உடற்பகுதிகள் தேய்வுபட்டுக்கொண்டேயுள்ளன. ஆதலின், அவை, சீரான நல்நிலைமையிலிருப்பதற்கெனவும், புரோடீன்கள் அவசியமாகின்றன. கொழுப்புப் பொருள்கள், அநேகமாக, சக்தியை விளைவிப்பதற்காகவே பயன்படுகின்றன. அவை, ஒருவாருன, ‘சேமிப்பு எரிக் கொள்ளிகள்’ (ரிசர்வ் பூயல்—Reserve Fuel) எனலாம்.

புரோட்டீன்களும், கார்போ ஹைட்ரேட்டுகளும், கொழுப்புகளும் முக்கியமாய்ப் பயன்படும் வகைகள்.

நமது உடலினுள், நாம் உண்ணும் உணவில் ஏற்படுகின்ற ரஸாயன மாற்றங்கள் பலவற்றை, ரஸாயனத் தெரியற் செய்கையோர் தம் சோதனைச் சாலைகளில் (லாபாரேடரிகளில்—Laboratories) செய்கின்றனர். ஆனால், அவர்கள் அப்பணியாற்றுவதற்கென, கடுஞ்சூட்டைத் தரும் அடுப்புகளையும், இன்னும் பல அருஞ் சாதனங்களையும் உபயோகிக்கின்றனர். உடலினுள் கொஞ்ச நேரத்தில் நடைபெறும் மாற்றங்களைப் பயத்தற்கென, அவர்களுக்கு அதிக நேரமாகின்றது. மேலும், உடலினுள் நடைபெறுகின்ற காரியங்களில் ஒருவகையானவற்றையே அவர்களால் செய்ய முடிகின்றது. அதாவது, உடலிலாவதைப்போலவே, உணவைப் பலவகையான ரஸாயனப் பொருள்களாய் அவர்களால் பிரிவினை செய்ய இயலும். உடலினுள் நடைபெறுகின்ற மற்றொரு முக்கிய வகையான காரியத்தை அவர்களால் செய்ய முடியவில்லை. அதாவது, மேற்கூறியவாறு பாகுபாடு செய்யப்பட்டுத் தோன்றிய ரஸாயனப் பொருள்களைக்கொண்டு, உடற்பாகங்களுக்கான பலவகைப் புரோட்டீன்களை அமைக்க அவர்களால் இயலாதுள்ளது.

சோதனைச்சாலை ரஸாயனமும், உடலின் ரஸாயனமும்.

உடலினுள் உட்கொள்ளப்படும் உணவுப் பண்டங்கள், ரஸாயனீய வகையில் பலவாய்ப் பதப்பிரிவினைப்படுவதற்குமுன், அவை ரஸாயனீயமாய் நீருடன் நன்கு கலக்கப்படுகின்றன. ‘ஸ்டார்ச்சு’ உணவுப் பகுதிகள், குளுகோஸ் ரகமானப் பொருள்களாய் ஆகும் முன், நாலைந்து விதமான ரஸாயனப் பொருள்களாய், முறையே, மாறி வருகின்றன. அவற்றில் ஒவ்வொரு பதப்பிரிவினை மாற்றமும், நீர் ரஸாயனீயமாய்க் கலப்பதினாலேயே, முறையே,

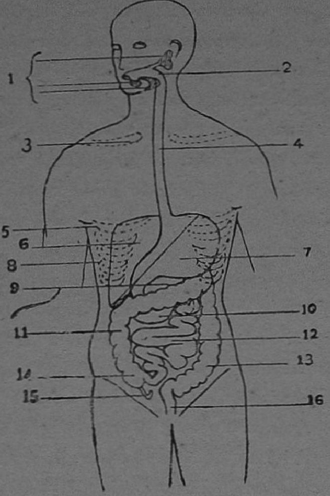
சேர்மானமும் என்ஜைம்களும்.

ஏற்படுகின்றது. அவ்வாறே, கொழுப்புக்களும் புரோட்டீன்களும் நீருடன் ரஸாயனீயமாய்க் கலப்பதினாலேயே, பல்வேறு வகைகளான ரஸாயனப் பொருள்களாய் ஆகின்றன. எனவே, உணவும் நீரும் மட்டுமே இருந்துவிடின், அவ்வுணவு உடலுக்கு வேண்டியவாறான பொருள்களாய் ஆய்விடும் எனக் காணப்படுகின்றது. ஆயினும், அவை மட்டுமே இருந்தால், ரஸாயன மாற்றங்கள் நிறைவேற்றப்படுவதற்கு நீண்டகாலம் பிடிக்கும். அம்மாற்றங்கள் மிகத் துரிதமாய் நடைபெறுமாறு செய்வதற்கென, உடலில் ஒருவகை ரஸங்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. அச்சாறுகளும் கலப்பதால், ரஸாயன மாற்றங்கள் அதிவிரைவாய் நடந்தேறுகின்றன. இவ்வாறு, உடற்குள் நடைபெறும் ரஸாயன மாற்றங்களைத் துரிதப்படுத்தும் ரஸங்கள், 'என்ஜைம்கள்' (Enzymes) எனப்படுகின்றன. உடலிலுள்ள ஜீரணக் கருவிகளின் முக்கியமான வேலை, என்ஜைம்களை உண்டாக்கலே, எனலாம். இரண்டாவதாக அவை செய்யும் வேலைகள் என்ஜைம்கள், உணவுடனும் நீருடனும் கலந்து ரஸாயன மாற்றங்களைச் சரிவரச் செய்வதற்கு அவசியமான வெப்பநிலை, ஆவிடிடி நிலைமை, முதலானவை ஏற்றவாறு இருக்கும்படி அமைத்தலும், தக்கவாறு ஊண்குழம்பைக் கடைதலும், என்பனவேயாம். அவை, மூன்றாவதாகச் செய்யும் வேலை, ஜீரணத்திற்குப்பின் பயனற்றவையாய்த் தங்கிய கசடுகளைக் கிரகித்துக்கொண்டு, அவற்றை, கசடு நீக்கும் கருவிகளிடம் ஒப்படைப்பது, எனலாம். உணவு, உடலுக்கு வேண்டியவாறான பொருள்களாய் மாற்றப்பட்ட பிறகு, அப்பதப் பிரிவினைப் பொருள்கள் இரத்தத்துடன் சேர்கின்றன. இவ்வாறு, உணவு ரஸாயனிய மாற்றமடைந்துகொண்டிருப்பதையே, நாம், உணவு செரிக்கப்பட்டுக்கொண்டுள்ளது, எனக் குறிப்பிடுகிறோம். எனவே, உணவு, உடலுக்கு வேண்டிய பொருள்களாய் ஆகும் நிரலே, உணவுச் செரிமான முறையாம்.

ஊட்டப்பாய்ச்சல் மண்டலம் (அலிமண்டரி ஸிஸ்டம்)

நமது உடலிலுள்ள ஜீரணக் கருவிகள் எல்லாம் சேர்ந்தவாறான தொடரமைப்பிற்கு, 'ஊட்டப்பாய்ச்சல் மண்டலம்' (அலிமண்டரி ஸிஸ்டம்— Alimentary System) என்று பெயர். இம்மண்டலத்திலுள்ள கருவிகள், வாய்—இரைக்குழாய் (கல்லட்— Gullet)—இரைப்பை (ஸ்டமக்—Stomach)—கணையம் (பாங்கிரியஸ் — Pancreas), — குடல் என்றவை. இவற்றைத் தவிர, கல்லீரலும் (லிவர்–Liver), போர்டல் வெயினும் (Portal vein) ஜீரணத்திற்கு வேண்டப்பட்ட கருவிகளேயாம். ஜீரணக் கருவிகள் ஒவ்வொன்றிலும், முறையே, ஒவ்வொரு வகையான என்ஜைம் சமைக்கப்படுகின்றது. வாயில் ஊறுகின்ற எச்சிலில், 'உமிழ் நீரியி' (ஸாலிவரி அமலேஸ்—Salivary Amalyse) என்றதுள்ளது. இது, ஸ்டார்ச்சை, 'மால்டோஸ்' என்றதாய் மாற்றும். இரைப்பையில்

'சமிச்சாறு' (பெப்ஸின்—Pepsin) என்ற என்ஸைம் ஊறுகின்றது. அது புரோட்டீனைப் பதப்பிரிவினை செய்வது. கணையத்தில் (பாங்கிரியஸில்) உண்டாகின்ற 'உரசம்' (ட்ரிப்ஸின்–Trypsin) என்றது, புரோட்டீனை மேலும் பிரிவினை



படம் 83

ஊட்டப்பாய்ச்சல் மண்டலம்

1. உமிழ்நீர் கிரந்திகள்.
2. உள்நாக்கு (Pharynx).
3. காறையெலும்பு (Clavicle).
4. இரைக்குழாய் (Oseophagus).
5. கடைசி முதுகெலும்புப் பொருந்தல் விலாயெலும்பு.
6. கல்லீரலிடம்.
7. இரைப்பை (Stomach).
8. முதுகெலும்புப் பொருந்தலிலா விலாவெலும்புகள்.
9. கணையம் (Pancreas).
10. இரைப்பைக்கோடி (Duodenum).
11, 13. பெருங்குடல் (Colon).
12. சிறுகுடல் (Intestine).
14. சிறுகுடல்கோடி (Caecum).
15. அனுநீட்சி (Appendix).
16. பெருங்குடல் கோடி (Rectum).

செய்கின்றது. அதிலிருந்தே, ஸ்டார்ச்சை ஒருவகைச் சர்க்கரைப் பொருளாய் மாற்றும் 'மாவயம்' (அமிலேஸ்) என்றதும், கொழுப்புக்களை கிளிஸரின் (Glycerine) ஆகவும், கொழுப்பு ஆஸிட்களாகவும் ஆக்கும் 'இளக்கியம்'

(லைபேஸ் — Lipase) என்றதும், கசிகின்றன. குடலில் 'உறுத்தயம்' (இரப்ஸின்—Erepsin) என்ற என்ஸைம் செய்யப்படுகின்றது. அதில் லைபேஸும் உண்டாகின்றது.

ஜீரணக்கருவிகள், வாயினின்றுத் துவங்கி, கோலன் (Colon) எனப்படும் பெருங்குடலின் நுனிவரை, தொடர்ச்சியாய்ச் செல்கின்ற ஒரே குழாயைப் போன்று அமைந்துள்ளன. கோலனின் நுனி, உடலுக்கு வெளியேயுள்ள இடத்திற்குத் திறப்பாயுள்ளது; திறந்த நுனி, 'ரெக்டம்' (Rectum) எனப்படுகின்றது; திறப்பு, 'குதம்' (Anus) எனப்படுகின்றது. எனவே, ஜீரணக் கருவிகளின் தொடுப்பான குழாயின் ஒரு நுனித்திறப்பு, வாய்; மற்றொரு நுனித்திறப்பு, குதம். ஜீரணக்கருவிகளமைந்த தொடர்க்குழாய்க்கு, 'ஊட்டப் பாய்ச்சல் வாய்க்கால்' (அலிமண்டரி கனல்—Alimentary Canal) என்று பெயர். அக்குழாயினுள் உள்ள பொருள்கள், குழாயின் சுற்றுத் தடுப்புகளை உடைத்துக்கொண்டே, இரத்தவோட்டத்துடன் கலக்கமுடியும். அவ்வாறு, அக்குழாய் எங்கேயாவது உடைத்துக்கொண்டு, அதிலுள்ள ஜீரணமாகாத உணவுப்பொருள்கள், மற்ற உடற்பகுதிகளுக்குப் பாவிச் சென்றுவிட்டால், ஆபத்துக்கிடமாகும். ஆதலின், அலிமண்டரிக் கனலிலுள்ள பொருள்கள் ஊட்டந் தருகின்றவையேயாயினும், அவை, உடலிற்குத் தேவையானவாறு பதப்பட்ட நிலைமையில் முறையே, சமிக்கப்படாதவாறு, அப்படியே இரத்தத்தில் கலந்தால், தீமையே விளையும். அலிமண்டரிக் கனலின் உள்ளடக்கப் பொருள்கள், ஒரு வகையில் உடலின் உட்பகுதிகளுக்குப் புறம்பானவை, எனக்கூட, கருதலாம்.

கோதுமை ரொட்டி (புரோட்டீன், கார்போஹைட்ரேட்டு), அரிசிச்சோறு (கார்போஹைட்ரேட்டு, கொஞ்சம் கொழுப்பு, கொஞ்சம் புரோட்டீன்) கடைந்த பருப்பு (புரோட்டீன்), நெய் (கொழுப்பு), பச்சைப் பட்டாணி, அவரைக்கூட்டு, (புரோட்டீனும், ஸெல்யூலோஸ் என்ற பொருளும்), காப்பேஜ்பொரியல் (புரோட்டீனும் ஸெல்யூலோஸும்), கீரை (ஸெல்யூலோஸ், உப்பு) தயிர் (கொழுப்பு) என்ற வற்றைக்கொண்ட நல்ல சாப்பாடு கிடைக்கின்றது. வயிறார சாப்பிடலாம் என்று சந்தோஷமாய் இலைமுன் உட்காருகிறோம்; சாப்பிட ஆரம்பிக்கிறோம். அப்படி ஆரம்பிப்பதினின்று, அச்சாப்பாடு ஜீரணமாகும் வரை, அதைச் சமிக்கும் பொருட்டு நமது உடலில் என்னென்ன காரியங்கள் நடக்கின்றன என்பதைக் கவனிப்போம்.

நல்ல சாப்பாடு.

முதலில், கொஞ்சம் தக்காளி ஸூப்பைக் குடிக்கிறோம். ருசியான தொன்று வாயில் வந்துள்ளது என்ற செய்தி நாம்பொன்றின் வழியே

மூளைக்கு எட்டுகின்றது; வாயிலுள்ள உமிழ்நீர்க் கிரந்திகள் அவற்றின் சாறுகளைச் கசியச் செய்யும்படி, ஏவப்படுகின்றன.

உமிழ்நீர்க் கிரந்திகள் (ஸாலிவரி கிளாண்டுகள்)

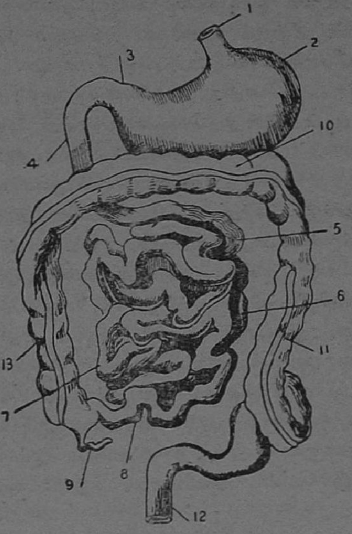
அப்படிக் கசியும் சாற்றில் பெரும் பகுதி நீரே; சிறிதளவு உப்பும் இருக்கும்; ஸ்டார்ச்சைப் பதனுக்கும் என்ஜைமும் அதில் இருக்கும். ஸூப்பைக் குடித்த பிறகு, ரொட்டியைப் பிட்டுத் துண்டொன்றை வாயில் போட்டுக் கொண்டு மென்று தின்கிறோம். மற்றவற்றையும் உண்ணத் தொடங்குகிறோம். அவற்றை வாயில் போட்டுக்கொண்டு மெல்கிறோம். சாப்பிட முனைந்தாய் விட்டது. உணவை மென்று தின்னும்போது, அது சிறு சிறு பகுதிகளாய் ஆகின்றது. அதனால், உமிழ்நீர் அதனுடன் நன்றாய்க் கலக்கின்றது; உணவு நன்றாய் ஜீரணமாக ஏதுவாகும். வாயில் ஊறுகின்ற உமிழ்நீர், உமிழ்நீர்க் கிரந்திகள் (ஸாலிவரி கிளாண்டுகள்) என்றவற்றினின்று கசிகின்றன, எனக் கூறினேம். அக்கிரந்திகள் எவ்வாறனவை என்பதைக் கவனிக்கலாம். அவை, பல அளவினவான சின்னஞ்சிறு குழாய்கள் பலவற்றாலான டிஷ்யூக்களைக் கொண்டவை. அவற்றின் வெளிவாட்டங்களில் என்ஜைம்கள் சமைக்கப் படுகின்றன. உணவு சுலபமாய் விழுங்கப்படுமாறு செய்வதற்கான, ஒரு வகைக் கோழையைச் உண்டாக்குகின்ற ஸெல்களும் அக்கிரந்திகளில் உண்டு. மேற்கூறியவாறு, கிரந்திகளில் சாறுகள் தேவைப்படுகின்றன என அவை மூளையால் அறிவிக்கப்பட்டவுடன், அவை, 'அமிலேஸ்' என்ற என்ஜைமுடன் அதிகமான நீரைக் கலந்து அவற்றிலுள்ள சிறு குழாய்களின் வழியே வடியுமாறு செய்கின்றன. அச்சிறு குழாய்கள் படிப்படியாய்ப் பெரிதானவையாய்ச் சேர்கின்றன். அப்பெரும் குழாய்களின் நுனிகள் திறப்பானவை. என்ஜைம் கலந்த நீர் அத்திறப்புகளின் வழியே வாயில் ஊறுகின்றது. இவ்வாறு ஒரு நுனி திறப்பாயுள்ள குழாய்கள் 'டக்டுகள்' (Ducts) எனப்படுகின்றன.

வாயில், பற்களால் அரைக்கப்பட்ட உணவு விழுங்கப்படுகின்றது. உணவை விழுங்குதல், என்பது, சிக்குமுக்கான வேலை. வாய்க்கும் இரைக்குழாய்க்கும் இடையில், மூச்சுக்குழாய், உள்ளது. மூச்சுக்குழாய்க்குள் உணவு சென்றுவிட்டால் மூச்சுத் திணறி மிகவும் கஷ்டப் படவேண்டும். ஆதலின், உணவு, பல தில்லுமல்லுகள் செய்து இரைக்குழாயினுள் இறங்குகின்றது.

உணவு விழுங்கப்படல்

அரைக்கப் பட்ட உணவு, முதலில், சிறுசிறு உண்டைகளாய் திரட்டப்படுகின்றது. நாக்கின் முன்பகுதியைத் தூக்குவதால், அவ்வுண்டைகள் நாக்கின் பின்வாட்டமாய்த் தள்ளப்பட்டு, தொண்டைக்குள் உருட்டப்பட்டிறங்குகின்றன. தொண்டைக்குள் உணவு இறங்கிவிட்ட செய்தியை, அங்குள்ள நாம்பொன்று உடலிலுள்ள மற்ற பல பாகங்களுக்குத் தெரிவிக்கின்றது. மூக்கில் உணவு ஏறிவிடாதபடி, ஒரு மெல்லிய தட்டு அடைத்துவிடுகின்றது. தொண்டையின் முன்புறமுள்ள மெதுவுப்பகுதிகள், திரை போடப்பட்டதுபோலமைந்து, உணவு மீண்டும்

வாய்க்குள்ளேயே கக்கப்படாதவாறு, தடுத்துவிடுகின்றன. குரல்வளை மூடப்படுகின்றது. உணவு விழுங்கப்படும்வரை, மூச்சுவிடுதல் நிறுத்தப்படுகின்றது. எனவே, நுரையீரலுக்குள் உணவு புகுந்துவிடாதபடி தடுக்கப்படுகின்றது. இரைக்குழாய் நுனியின் ஓரத்திலும், நாக்கிற்குப் பின்புறமாயுமுள்ள 'எபிக்ளாட்டிஸ்' (Epiglottis) என்ற டிஷ்யூமடிப்பு, மூச்சுக் குழாயை அடைத்துக்கொண்டு, உணவு உண்டைகளை இரைக்குழாயினுள் செலுத்துகின்றது. இரைக்குழாய் தன்மீதுபடும் எதுவொன்றையும், ஆடோமாடிக்காய் விழுங்குகின்ற தசையாலான குழாய். எனவே மேற்கூறியவாறு விழுங்கப்பட்ட உணவு உண்டையொன்று இரைக்குழாயில் பட்டவுடன், அது சற்று விரிகின்றது.



படம்—84 இரைப்பையும் குடல்களும்

1. இரைக்குழாய் நுனி (Gulletend) 2. இரைப்பை
3. இரைப்பை நுனி (Pylorus) 4. குடல் நுழையிடம்
5, 6, 7, 8. சிறுகுடல் பகுதிகள் 9. அனுகீட்சி (Appendix)
10, 11, 13. பெருகுடல் பகுதிகள் 12. குடல் நுனி

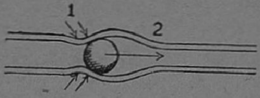
உண்டை அதற்குள் இறங்குகின்றது. அது சற்றுதூரம் இறங்கியபின், அதற்குப் பின்புறத்து இரைக்குழாய்ப்பகுதி முன் நிலைமைக்குச் சுருங்கிவிடுகின்றது.

அதனால், அவ்வுண்டைகள் பின்புறமாய்ப்போக ஏதுவில்லை. இவ்வாறே, இரைக் குழாய் விரிந்தும் சுருங்கியும், உணவு உண்டைகளைச் செலுத்துகின்றது. அலிமெண்டரிகனால் முழுவதிலும் உணவு ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்குக் கடத்தப் படும் முறை இவ்வாறேயானது. அவ்வாறான இயக்க முறை 'தளர்வுறுச் செலுத்து முறை' (பெரிஸ்டால்டிக் —Peristaltic முறை) எனப்படுகின்றது.

தளர்வுறுச் செலுத்துமுறை (பெரிஸ்டால்டிக்கு முறை)

இரைக்குழாயின் கீழ்நுனியுடன் தொடர்பானவாறு இரைப்பை, உள்ளது. இரைப்பையின் வாயிலில் ஒரு வட்டவளை (Circular) தசை உள்ளது. அது, இரைப்பைக்குள் உணவு இறங்குவதை விடும்; இரைப்பையினின்று இரைக் குழாய்க்குள் உணவு மீண்டும் ஏறுவதைத் தடுக்கும். இரைப்பையின் அளவு, அதிலுள்ள உணவினளவைப் பொறுத்தவாறு வேறுபடும். அது காலியாயுள்ள போது, குழாய்போலிருக்கும்; உணவு நிரம்பியுள்ள போது பெரும்பைபோன்று பருமன்மிக்கதாய்விடும். வாயில் மெல்லப்பட்டு, நீருடனும் உமிழ் நீருடனும் கலந்து கஞ்சியைப்போல் ஆகியுள்ள உணவு, இரைப் பையின் வாய்லுக்குச் சற்று உட்பக்கமாயுள்ள இடத்தில் சற்றுநேரம், இருக்கும். அங்குள்ளபோது, உமிழ்நீர், 'ஸ்டார்ச்சைப் பதப் பிரிவினை செய்தல்' என்ற தன் வேலையைச் செய்துகொண்டிருக்கும். ஆனால் உணவு உண்டைகள் ஒன்றின்பின்னொன்றாய் இறங்கி வரலாகின்றன; இரைப்பை, சற்று விரிகின்றது. முதலில் வந்து வாசலினருகில் காத்திருந்த ஊண் உள்ளே விடப்பட்டு, இரைப்பையின் நுனிப்பகுதிக்குச் செல்கின்றது; இரைப்பை சுருங்குகின்றது; பிறகு விரிந்து அடுத்துவந்துள்ள ஊணை உள்ளே விடுகின்றது. இவ்வாறு, இரைப்பை மாறி மாறி, விரிந்து, சுருங்கலையொட்டி உள்ளே விடப்பட்டு வருமாறான உணவு, இரைப்பையில் நிரம்புகின்றது. அவ்வூண் உமிழ்நீரால் பதனாக்கப்பட்ட வகையினது. இரைப்பை, உணவு நிரம்பிய

இரைப்பையும் அதன் என்ஜைகளும்



படம் 85. தளர்வுறுச் செலுத்து முறை

1. விரிதல் 2. சுருங்கல்

பின்னரும், மாறி மாறி, விரிந்து சுருங்கிக்கொண்டிருக்கும். எனவே, அது அலையியக்க முறையையொட்டி, விட்டு விட்டுச் சுருங்கிக்கொண்டுள்ளது. நாம் சாப்பிட உட்கார்ந்து, ஸூப்பைக் குடித்தவுடனேயே, 'வாய்க்கு உணவு வந்து

விட்டது' என்ற செய்தி மூளையால் இரைப்பைக்கு அனுப்பப்பட்டிருக்கும். எனவே, அது, தானாக்க வேண்டியதான 'தத்தச்சாறு' (காஸ்ட்ரிக்ஜ்யூஸ்-Gastric Juice) என்றதைச் செய்துகொண்டிருக்கும். காஸ்ட்ரிக் ஜ்யூஸில் பெரும்பகுதி நீர் ஆயினும், அதில், பெப்ஸின் (Pepsin)—ரென்னின் (Rennin) என்ற என்ஜைம்கள் இரண்டும், அரை சத வீதம் ஹைட்ரோகுளோரிக் ஆஸிடும் (Hydrochloric Acid) உள்ளன. ஹைட்ரோகுளோரிக் ஆஸிட் இருந்தால்தான், 'பெப்சின்' புரோட்டீனைப் பதப்பிரிவினைச் செய்ய இயல்கின்றது. ரென்னின் என்ற என்ஜைம், பாலைப் பிரைப்பது. இரைப்பையின் சுருங்கல் விரியல் நிமித்தம், அதில் உணவு இரண்டு முதல் ஐந்துமணி நேரம் நன்கு கடையப்படுகின்றது. அவ்வூண், காஸ்ட்ரிக் ஜ்யூஸுடன் ரஸாயனியமாய்க் கலவையாகின்றது. அவ்வூணிலிருந்த நீரில் கரைய இயலாதனவான புரோட்டீன்கள், 'பெப்டோன்கள்' (Peptones) என்றவையாய் ஆகின்றன. பெப்டோன்கள் நீரில் கரையக்கூடியவை. கார்போ ஹைட்ரேட்டுகளில் அரைப்பங்கு சர்க்கரைப் பொருள்களாயாகின்றன. கொழுப்புகள் உருகி, சிறு சிறு துளிகளாய் மிதக்கின்றன; அவை வேறு எவ்வாறான ரஸாயன மாற்றமும் அடைந்திருப்பதில்லை. இரைப்பை செய்யும் வேலை இத்துடன் முடிகின்றது. நன்கு குழம்பாய்க் கரைந்துள்ள ஊண் திரவத்தை, மற்றொரு வாயிலால், இரைப்பை, குடலினுள் கடத்துகின்றது. அவ்வெளி விடுவாயில், பைலோரஸ் (Pylorus) எனப்படுகின்றது.

சிறுகுடல்.

இரைப்பையில் பதனாக்கப்பட்ட உணவு மிகவும் ஆஸிடிக்காயுள்ளது. அவ்வாறு ஆஸிடிக்காயிருந்தால் தான், புரோட்டீன்கள் பெப்டோன்களாய் மாற்றமாகலாம். ஆனால் ஆஸிடிக்கான நிலைமையில் கொழுப்புகளையும் ஸ்டார்ச்சுகளையும் பதப்பிரிவினை செய்ய இயலாது. எனவே, சிறுகுடலையடைந்த ஊண் மற்றொரு வகையில் செரிக்கப்படுகின்றது. சிறு குடல், என்பது, இருபது அடி நீளமான குழாயாம். அது நமது வயிற்றினுள், கயிற்றுச்சுருள் ஒன்று கிடப்பதைப்போல், வளைந்து வளைந்துப் பொருந்தியுள்ளது. சிறுகுடலினுள் ஆல்கலைனான என்ஜைம்கள் ஊறுகின்றன. கணையம் (பாங்கிரியஸ்) என்ற பெரும் கிரந்தியும் ஆல்கலைனான என்ஜைம் கலந்த திரவமொன்றையே சிறுகுடலினுள் பாய்ச்சுகின்றது. இவ்வாறான ஆல்கலைன் திரவங்கள், ஊணின் ஆஸிடிடியைச் சரிக்கட்டிவிடுகின்றன. இங்கேயே, கல்லீரலினின்று வரும் 'பித்தநீர்' (பைல்-Bile) ஊணுடன் கலக்கின்றது. பித்தநீர், பசுமை நிறத் திரவமானது; கல்லீரல் இரத்தத்தினின்று நீக்குகின்ற கசடுகளைக் கொண்டு அது செய்யப்படுவது. ஆயினும், அதுவே செரிமானத்திற்கு மிகவும் பயன்படுகின்றது. காஸ்ட்ரிக் ஜ்யூஸ் மட்டுமே பதப்பிரிவினை செய்ய இயலாதவையான கொழுப்புகளை, பித்தநீர்க் கலந்த காஸ்ட்ரிக் ஜ்யூஸ், செரிக்கப்படும் பொருள்களாய் ஆக்கிவிடுகின்றது.

இங்ஙனம், நீரும் என்ஜைம்களும் கார்போஹைட்ரேட்டுகளை, குளுகோஸ் ரசப்பொருள்களாய் மாற்றிவிடுகின்றன; கொழுப்புகளை கொழுப்பு ஆஸிட்களாயும் கிளிஸெரனும் செய்துவிடுகின்றன. இவை பித்தநீர் கலந்தபோது, நீரில் கரைகின்றன. புரோட்டீன்கள் நீரில் கரையக்கூடிய அமீனோ ஆஸிட்களாய் ஆகின்றன. உணவிலுள்ளவற்றில், ஜீரணமான பொருள்கள் எல்லாம் நீரில் கரைந்தவையாய் ஆகின்றன. ஜீரணமாகாதவை அப்படியே யிருக்கின்றன. ஜீரணிக்க முடியாதவற்றில் முக்கியமானது, பயிர்ஸெல்களின் சுவரமைப் பொருளான 'ஸெல்யூலோஸ்' என்றதே. அது, உடலினுள் உட்கொள்ளப்பட்டவாறே, வெளிப்பட்டுவிடும்.

சிறுகுடலில் ஜீரணம் நடந்துகொண்டிருக்கும்போது, உணவு அப்படியே கிடப்பதில்லை. அது, பெரிஸ்டால்டிக் முறையை யொட்டி, குடலுக்குள் இடம் மாற்றப்பட்டுக்கொண்டே இருக்கும். மற்றொரு வகையிலும் அவ்வூண் நன்கு உலுக்கப்படுகின்றது. ஒன்றிலிருந்தொன்று சற்று தூரமாயுள்ளவாறான குடற்பகுதிகள் இரண்டு, குறுகுகின்றன. அவ்வாறே இடைவெளிவிட்டவாறு குடற்பகுதிகள் பல சுருங்குகின்றன. அப்பொழுது, குறுகலான இடங்களும், முறையே, அவற்றிடையுள்ள பகுதிகளும், பவளச்சரமொன்றின் பவளங்களையும் அவற்றை இணைக்கும் கொக்கிகளையும் போன்று காணப்படுகின்றன. பத்து ஸெகண்டுகளுக்குப் பின், குறுகல்கள் விரிந்து, குடல் சீரானவாறுகின்றது; உடனே, முன் குறுகிய பகுதிகள் இடைவெளிகளாயும், முன் இடைவெளியா யிருந்தவை குறுகியும், அமைகின்றன. இவ்வாறான உணவுக்கடையும் முறை 'துண்டஞ்செய் முறை' (ஸெக்மெண்டிங்கு—சிறுகுடலில் ஏற்படும் Segmenting) எனப்படுகின்றது. இம்முறையை யொட்டி, உணவின் பகுதிகள் எல்லாம் நன்கு கலக்கப்படுகின்றன.

'துண்டஞ்செய்முறை' (ஸெக்மேண்டிங்கு).

உணவு செரிமானமாய்க் கொண்டிருக்கும் காலம் முழுவதும், சிறுகுடலைப் போர்த்துள்ள ஸெல்கள், ஜீரணமான திரவங்களை கிரகித்துக்கொண்டே யுள்ளன. அவற்றைச் செவ்வனே உட்கொள்ளும் பொருட்டு, சிறுகுடற் பரப்பின்மீது வில்லிகள் (villi) எனப்படும் சின்னஞ்சிறு விரல்கள் போன்ற அமைப்புகள் படர்ந்துள்ளன. இதனால், சிறுகுடல்கள் மிருதுவான வெல்வெட்டின் தோற்றத்துடன் உள்ளன. வில்லிகள் பரவலாகவுள்ளமையின், சிறு குடலினின்று உணவைக் கிரகிக்கும் வேலையை அநேக ஸெல்கள் செய்வதற்கு வசதியாகின்றது. இவ்வாறு, உட்கொள்ளப்பட்ட உணவிலிருந்த பொருள்களில் பல நீரில் கரைகின்ற வகையினவாய் மாற்றப்பட்டு சிறுகுடலின் வெளிப்புற ஸெல்களால் அருந்தப்படுகின்றன, நீரில் கரைய இயலாது

வில்லிகள்.

மீதிப்பட்டவை, உணவு சிறுகுடலில் நுழையத் துவங்கியதற்கு மூன்றரை மணி நேரத்திற்குப் பின், அக்குடலின் வெளிப்போக்கு நுனி வாட்டத்தில் வந்தடைகின்றன. அங்கு, வெளிவிடு வால்வு ஒன்று உள்ளது. அது, திறந்ததும் மூடிக்கொள்ளும். சற்று நேரத்திற்குப் பின் திறந்து மூடும், இவ்வாறு, அது, விட்டு விட்டுத் திறந்து மூடும். அவ்வால்வு திறக்கப்படும் ஒவ்வொரு தடவையும் முறையே, சிறுகுடல் கோடியை அடைந்துள்ள உணவுப்பகுதி யொன்று, பெருங்குடலினுள் செலுத்தப்படுகின்றது.

பெருங்குடல், உடலின் வலப்புறத்து மேல் வாட்டத்திலும், இடப்புறத்துக் கீழ்வாட்டத்திலும் பரவியுள்ளது. அது செய்யும் ஜீரணவேலை, அதனுள் வந்த பொருள்களினின்று நீரைப்பிரித்தல், என்பதே.

பெருங்குடல்.

பெருங்குடல், கீழ்வாட்டத்தில், வெளிப்போக்குத் திறப்பான குதம் வரை பரவியுள்ளது. பெருங்குடல், 'பாக்டீரியாக்கள்' (Bacteria) எனப்படும் சின்னஞ்சிறு கிருமிகள் அடர்ந்து வாழுமாறான பெரு நகரம், எனலாம். பாக்டீரியாக்கள் இரைப்பையில் இருப்பதில்லை. அவ்விடம் அதிக ஆஸிடிக்காயுள்ளமையின், பாக்டீரியாக்கள் வாழ்வதற்கு ஏற்றதன்று. சிறுகுடலில், அவை, கொஞ்சமாய் உள்ளன, பெருங்குடலில் அவை ஏராளமாய் மண்டியுள்ளன. நமது குடலினின்று ஒவ்வொரு நாளும் கோடானு கோடிக் கணக்கான பாக்டீரியாக்களை நாம் வெளியேற்றுகின்றோம். பெருங்குடல் பாக்டீரியாக்கள் உடலுக்குத் தீங்கிழைக்கின்றனவா, அல்லவா, என்பதைப் பற்றி திட்டமாய் ஒன்றுங் கூறுவதற்கில்லை. அவை உடலுக்குக் கேடான பொருள்களை, பொதுவாய் விளைவிக்கின்றன என்பது மட்டும் நிச்சயமாய் அறியப்பட்டுள்ளது. ஆயினும், அவை விளைவிக்கும் கேடான பொருள்களை, கல்லீரலும் குண்டிக்காயும் மிகச் சுலபமாய் அழித்துவிடுகின்றன. ஆதலின், அப்பாக்டீரியாக்களால், நமது உடலுக்குக் கெடுதி உண்டாவதில்லை. சிலரின் பெருங்குடல்களில் பாக்டீரியாக்கள் அதிகமாய் இருப்பதில்லை. அதனால், அவர்கள் மற்றவர்களை விடச் செம்மையான உடல் நலம் பெற்றவராய்க் காணப்படவில்லை. அவ்வாறானவர் மலச்சிக்கலால் பாதிக்கப்படுகின்றனர்.

சிறுகுடல்களின் ஸெல்களால் அருந்தப்பட்ட நீர்க்கரையமான ஊண் என்னவாகின்றது என்பதைக் கவனிப்போம். செரிக்கப்பட்ட அவ்வுணவுக் கரையத்தில், அமீனோ ஆஸிட்களும், சர்க்கரைகளும், கொழுப்பு ஆஸிட்களும் உள்ளன. அவற்றில் கொழுப்பு ஆஸிட்களைத் தவிர, மற்றவை காபில்லரிகளில்

கல்லீரல்

இரத்தத்துடன் சேர்ந்து, இரத்த வோட்டத்தால் கல்லீரலுக்கு அடித்துக்கொண்டு போகப்படுகின்றன. சிறுகுடலினின்று பாய்கின்ற இரத்தமும் அதில் சேர்ந்துள்ள செரிமானப்பொருள்களும் 'போர்டல்வெயின்' என்ற குழாய் வழியே

கல்லீரலுக்குள் செல்கின்றன. 'போர்டல் வெயின்' கல்லீரலைச் சூழ்ந்துள்ள பல சின்னஞ்சிறு மயிரிழை வெயின்களாய்க் கிளை பிரிகின்றது. இவை கல்லீரலைச் சூழ்ந்துவந்த பிறகு, 'ஹெபாடிக் வெயின்' (Hepatic vein) என்ற பெரும் வெயினாய் ஒன்று கூடுகின்றன. கல்லீரலினுள், இவ்வாறு சேரிமான ஊட்டப் பொருள்களைத் தாங்கிச்சென்ற இரத்தம், அதனுள், அப்பொருள்கள் ரஸாயனியமாய்க் கலந்த இரத்தமாய்ச் செய்யப்படுகின்றது. ஆதலின், போர்டல் வெயின் வழியே கல்லீரலினுள் செல்கின்ற இரத்தம், ஹெபாடிக்வெயின் வழியே கல்லீரலினுள்ளிருந்து வெளியேறுகின்ற இரத்தத்தினின்று வேறுபட்ட தன்மையானது. இவ்விரத்தம் ஹெபாடிக்வெயின் வழியே இருதயத்திற்குப் பாய்கின்றது. கல்லீரல் மேற்கூறியவாறு, சேரிமானப் பொருள்களை ரஸாயனியமாய்க் கலந்த இரத்தமாய் மாற்றுவதைத் தவிர, பித்தநீரை உண்டாக்கும் வேலையையும் செய்கின்றது. ஆதலின், அதில் பித்த நீர்க்குழாய் (Bile Duct) என்பதின் கிளைக்குழாய்களும் பரவியுள்ளன. பித்த நீர்க்குழாய் கல்லீரலினின்று குடலுக்குச் செல்வது.

மேற் கூறியவாறு, உட்கொள்ளப்பட்ட உணவிலிருந்த கார்போஹைட்ரேட்டுகள், சேரிமானத்தால், குளூகோஸ், ப்ரக்டோஸ், காலக்டோஸ்-என்ற பலவகைச் சர்க்கரைப் பொருள்களாய் மாறுகின்றன. இவை, குடலால் அருந்தப்பட்டு, கல்லீரலுக்குச் செல்கின்றன. அற்புதமான ரஸாயனமாற்ற வகையில், கல்லீரல், அவற்றை கிளைகோஜன் என்ற நம் உடலுக்கான ஊனாய் மாற்றுகின்றது. கிளைகோஜன், கல்லீரலில் சேமிக்கப்பட்டிருக்கும். வேலை செய்வதற்கான சக்தி வேண்டப்படும்போது, அதை குளூகோஸாய் மாற்றி இரத்தத்தில் குளூகோஸை அனுப்புகின்றது. சாதாரணமாக, நமது இரத்தத்தில் ஆயிரத்திலொரு பங்கு வீதம் குளூகோஸ் இருக்கும். இதைவிட அதிகமான குளூகோஸ் இரத்தத்தில் இருந்தால், கல்லீரல் அதை கிளைகோஜனாய் மாற்றி சேமித்து வைத்துக்கொள்ளும். அவ்வீதத்தைவிடக் குறைவானவாறு இரத்தத்தில் குளூகோஸ் குறைந்து விட்டால் கல்லீரல் தான் சேமித்து வைத்திருக்கும் கிளைகோஜனில் சிறிதளவை குளூகோஸாய் மாற்றி இரத்தத்தில் கலக்கி, இரத்தம் சீராகும்படிச் செய்யும்.

சேரிமானப் பொருள்கள் கிளைகோஜனாய் ஆகுதல்

உடலின் காரியங்கள் நடைபெறுவதற்கு, கிளைகோஜன் இன்றியமையாதது. உணவில், வேண்டப்பட்ட அளவுக்கு ஹைட்ரோகார்பன்கள் இல்லாவிடின், கல்லீரல், புரோட்டீன்களினின்றே கிளைகோஜனைச் செய்யவல்லது. உணவேயின்றி பட்டினிப்பட்ட போது, கல்லீரல் உடலின் புரோட்டீன்களினின்றே கிளைகோஜனை தயார்செய்துவிடும். கார்போஹைட்ரேட்டியலான சர்க்கரைகளினின்று கிளைகோஜன் செய்யப்படுவதற்கு, இன்ஸுலின்

நீரிழிவும் இன்ஸுலினும்

என்ற பொருள் மிகச் சிறிதளவு அவசியமாகின்றது. அவை சாதாரணமாய் இரத்தத்தில் இருக்கும். அது கணையம் (பாங்கிரியஸ்) என்ற பெரும் கிரந்திப் பையுளில், லாங்கர்ஹார்ன் திட்டுகள் (Islets ot Langerhorn) என்ற டிஷ்யூத் துண்டுகளில் செய்யப்படுகின்றது. நீரிழிவு (Diabetes) என்ற வியாதியால் பீடிக்கப்பட்டவர்களின் பாங்கிரியஸ் பொருள்களினிடை இன்ஸுலின் செய்யப்படுவதில்லை; அன்றி மிக மிகச் சிறிதளவே செய்யப்படுகின்றது. எனவே, அவர்கள் உடலில் கிளைகோஜன் குளுகோஸாய் மாறுவதில்லை; அன்றி சீரான வளவுக்கு மாறுவதில்லை. அதனால், அவர்கள் இரத்தத்தில் கிளைகோஜன் குளுகோஸாய் மாறாது, அப்படியேயுள்ளது. அவ்வாறுள்ள கிளைகோஜன் குண்டிக்காயை அடைந்து, மூத்திரத்தில் கலந்து வெளிப்படுகின்றது. நீரிழிவு நோய்வாய்ப்பட்டவரின் மூத்திரத்தில் 'சர்க்கரை' இருப்பதற்கு, மேற் கூறியதே, காரணமாம். இவ்விருபதாம் நூற்றாண்டின் வியத்தகு புதுமைகளில் 'இன்ஸுலின் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது' என்பது பெரும் புதுமையெனக் கொண்டாடப்படுகின்றது. ரஸாயனீய முறைகளையொட்டி சோதனைச் சாலைகளில் இன்ஸுலின் செய்யப்பட்டது. அவ்வாறு செயற்கையாய்க் கிடைக்கின்ற இன்ஸுலின் நீரிழிவால் துன்பப்படும் நோயாளிகளுக்கு ஊசியால் ஏற்றப் படுகின்றது. (இஞ்சக்ட் செய்யப்படுகின்றது) எனவே உடலுக்குத் தேவையான வளவு இன்ஸுலின் சேர்கின்றது; கிளைகோஜன் குளுகோஸாய் மாறுகின்றது. மூத்திரத்தில் 'சர்க்கரை' இருப்பதில்லை. ஆனால் ஒரு தடவை ஊசியால் ஏற்றப்படும் இன்ஸுலின் ஒரு நாளுக்கே தாங்கும். அதன் பிறகு மற்றொரு தடவை ஊசி யேற்றப்படவேண்டும். எனவே தினந்தோறும் இன்ஸுலின் இன்செக்ட் செய்யப்படவேண்டும். மேலும் இன்ஸுலினின் விலையும் அதிகம். இப்படி அதிக விலை கொடுத்து வாங்கி, நாடோறும் ஊசி யேற்றப்படும் தொல்லைக்கும் உட்பட்டு, பிழைத்திருப்பது எதற்கு, என, சிலர் எண்ணலாம். ஆனால், எவ்விலை கொடுத்தாயினும் மருந்து பெற்று, எத்தொல்லைக்குட் பட்டாயினும், உயிர்வாழ்தல் நன்று, என்பதே பலரின் அபிப்பிராயம்.

யூரியா.

உட்கொண்ட உணவிலிருந்த புரோட்டீன்கள் எல்லாம் நீரில் கரைந்துள்ள அமீனோ ஆஸிட்களாய் ஆகின்றன. அக்கரையமும் சிறுகுடலின் வெளிப்புற ஸெல்களால் அருந்தப்பட்டு, இரத்தவோட்டத்தில் சேர்ந்து கல்லீரலுக்குள் போகின்றது. கல்லீரலில், அமீனோ ஆஸிட்களில் சில குளுகோஸாய் மாற்றப் படுகின்றன. அவ்வமீனோ ஆஸிட்களில் இருந்த நைட்ரோஜன் (Nitrogen) என்ற பொருள், 'சிறுநீர் உப்பு' (யூரியா-Urea) என்றதாய் மாற்றப்பட்டு, குண்டிக்காயின் வழியே உடலினின்று அப்புறப்படுத்தப்படுகின்றது. மீதியான ஹைட்ரஜன்–ஆக்ஸிஜன்–கார்பன் என்றவையே, குளுகோஸாய் ஆகின்றன. குளுகோஸாய் மாற்றப்படாத அமீனோ ஆஸிட்கள், இரத்தவோட்ட வழியே

பாய்ந்து, உடலின் ஸெல்களைப் புதுப்பிக்கும் புரோட்டீன்களாய் ஆகின்றன; தேய்வுற்றழிந்த ஸெல்களுக்குப் பதிலாய்ப் புது ஸெல்கள் அமைக்கப்படுகின்றன.

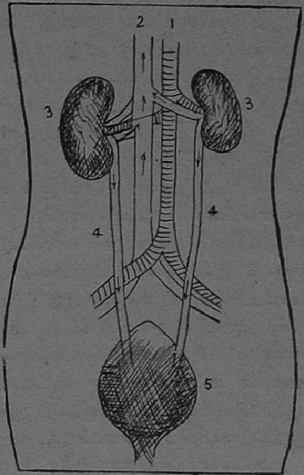
குடலில், கொழுப்புகள் கிளிசரினாகவும் கொழுப்பு ஆசிட்களாயும் மாறி நீரில் கரைந்துவிடுகின்றன என்று கூறி அவற்றை விட்டு விட்டோம். இப்பொழுது, அவை என்னவாகின்றன என்பதைக் கவனிப்போம். மற்ற ஜீரணக் கரையங்களுடன் அவையும் குடலின் வெளிப்புற ஸெல்களில் விரவுகின்றன. அப்படி விரவியவை, மீண்டும் ரஸாயனீயமாய்க் கலந்து, முன்னிருந்தவாறு, கொழுப்பாகவே ஆய்விடுகின்றன.

லிம்போஸைடுகளும் லாக்டியல்களும், நிணநீரும் (சைல்.)

அவ்வாறு ஏற்பட்டவை, சிறு சிறு கொழுப்புத் துளிகளாய் உள்ளன. லிம்போஸைடுகள் (Lymphosytes) என்ற வெண்கார் புஸல்களுடன் சேர்ந்தவாறு, அவை, ஸெல்களினூடே வெளிச் சென்று, லாக்டியல்கள் (Lacteals) என்ற குழாய்களினுள் போகின்றன. அவற்றில், வெண்கார் புஸல்கள், கொழுப்புத் துளிகளைத் தம்மினின்று நீக்கிவிடுகின்றன. இவ்வாறு அகற்றப்பட்ட கொழுப்புகள், எண்ணெயின் இடையில் பால் துளிகள் உள்ள தோற்றத்துடன், அக்குழாய்களில் இருக்கின்றன. அது 'நிணநீர்' (சைல்) எனப்படுகின்றது. பின், அக்குழாய்களின் வழியேயும், இன்னும் பல குழாய் களின் வழியேயும், அந்நிணநீர் (சைல்–Chyle) பாய்ந்து, கழுத்தின் கீழ் மாட்டிலுள்ள பெரும் வெயின்களினுள் செல்கின்றது. அங்கு, அது இரத்த வோடையினுள் கலக்கின்றது. இப்படி இரத்தத்தில் சேர்ந்த கொழுப்புத் துளிகளில் ஒரு பகுதி பல டிஷ்யூக்களிலும் படிகின்றது. மற்றவை, பிரத்தியேகமான கொழுப்பு ஸெல்களில் சேமித்து வைக்கப்படுகின்றன. கொழுப்பும் வேலை செய்யும் சக்தியைத் தரவே பயன்படும் எனவும், அது, சேம ஒதுக்கு 'எரிக்கொள்ளி' (பூயல் ரிஸர்வ்) எனவும், முன்னரே கூறியுள்ளோம். அது சேமிக்கப்படும் வகையை இப்போது கூறினோம். நமது உடலில் விறகு (கார்போஹைட்ரேட்)ப் பஞ்சம் நேர்ந்தபோது அக்கொழுப்பு ஸெல்களினின்று, கொழுப்பு வெளிப்படுத்தப்படும். அது ஆக்ஸிடைஸ் செய்யப்பட்டு, வேலைக்கான சக்தியைத் தோற்றுவிக்கும் கொழுப்பினின்று ஆக்சிடேஷனை யொட்டி இச்சக்தி எவ்வாறு பிறக்கின்றது என்பதை ரஸாயன விஞ்ஞானிகள் இன்னும் அறியார்கள்.

பன்னிரண்டு மணி நேரத்திற்கு முன், நாம் சந்தோஷமாய் வாயில் அள்ளிப்போட்டுக்கொண்ட சாப்பாடு ஜீரணமாய் விட்டது. உடல் அதை சமித்துக்கொண்டது. அதிலிருந்த கார்போ ஹைட்ரேட்டுகள் சக்தியைத் தரும் கிளைகோஜனாய் ஆயின; கொழுப்புகள் சேமிக்கப்பட்டு ரிஸர்வாய் வைக்கப்பட்டன; புரோட்டீன்கள் நமது உடலின் புரோட்டீன்களாய் அமைந்து

விட்டன. ஜீரணமாகாதவையும், செரிமானத்தின்போது ஏற்பட்ட கசடுகளும் நிற்கின்றன. அவை அப்புறப்படுத்தப்படவேண்டும். உடற் கசடுகளை உடலைவிட்டுக் கடத்தும் வேலையைச் செய்கின்றவை கசடுநீக்கு உறுப்புக்கள் அவற்றைப்பற்றி இனிக் கூறலாம்.



படம் 86 கழிநீக்குறுப்புக்கள்.

1. இருதயத்தினின்று இரத்தம் வருதற்கான அயோர்டா.
2. இரத்தம் இருதயத்திற்குச் செல்வதற்கான வீனகாவா என்ற வெயின்
3. குண்டிக்காய்கள்.
4. மூத்திரக்குழாய்.
5. கும்பிப்பை (Bladder).

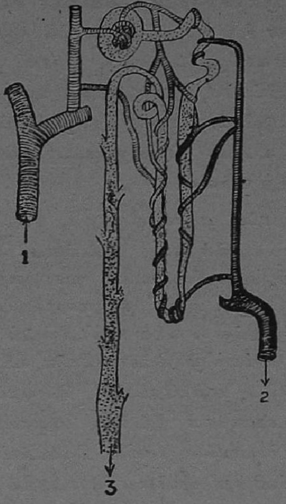
தோட்டி வேலை செய்யும் உடற்கருவிகள், உடலிலுள்ள முக்கியமான உறுப்புக்கள், எனலாம். அவை வேலை நிறுத்தம் செய்தால், வேலை நின்ற
சில மணி நேரத்திற்குள், உயிரும் போய்விடும். முக்கிய
கழிவு நீக்குறுப்புகள் மான அக்கழி போக்குப் பாகங்கள், குண்டிக்காய்களும்
(Kidneys), மூத்திரப்பையும் (Bladder) ஆம். அவை, கசடுகளை நீக்கும் வேலையைச் செய்வதுடன், இரத்தத்திலுள்ள நீரும் உப்புகளும் சீராயிருக்குமாறும் செய்கின்றன; இவற்றில் எதுவேனும் அதிகப்பட்டால் அதை நீக்கிவிட்டு இரத்தம் சீராயிருக்கும்படி செய்கின்றன. அக்கருவிகள் உடலில் அமைந்துள்ள விதம் பின் வருமாறும். உடலின் முக்கிய ஆர்டரியான அயோர்டாவினின்று கிளை ஆர்டரிகள் இரண்டு பிரிகின்றன. ஒவ்வொரு கிளையும் ஒவ்வொரு குண்டிக்காய்க்குச் செல்கின்றது. குண்டிக்காய்களால்

அசுத்தங்கள் நீக்கப்பட்டு சுத்தம் செய்யப்பட்ட இரத்தம் 'இன்பீரியர் வீனாகாவா (Inferior vena cava) என்ற முக்கிய பெரும் வெயினுள் பாய்கின்றது. குண்டிக்காய்களால் இரத்தத்தினின்று நீக்கப்பட்ட கசடுகள் நீர்மிக்கக் கரையமாயுள்ளன. அக்கரையமே, மூத்திரம். அந்நீர்க்கம் 'யூரிடர்கள்' (Ureters) என்ற இரு மூத்திரக்குழாய்கள் வழியே, பிளாட்டர் (Bladder) என்ற பைக்குள் இறங்குகின்றது. பிளாட்டர் என்பது தடிப்பான கவசத்துடனுள்ள பை. அதில் குண்டிக்காய்களினின்று இறங்கிய மூத்திரம் பிடிக்கப்படுகின்றது. பிறகு, வசதியானபோது வெளியேற்றப்படுகின்றது. குண்டிக்காய்கள், இரத்தத்திலுள்ள புரோட்டீன்கள், சர்க்கரைகள் முதலான பயனுறுப் பொருள்களை நீக்காமல், கசடுகளை மட்டுமே நீக்கும் வேலையைச் செய்கின்றன. அன்னப்பக்ஷி பாலையருந்தி நீரை விலக்கிவிடும், என்று பல நூல்கள் கூறுகின்றன. அவ்வகை வேலையையே, குண்டிக்காய்களும் செய்கின்றன. எப்படி அதைச் செய்கின்றன என்பதைக் கவனிக்கலாம். முதலில், மெல்லிய வடு போன்ற படலால் எல்லாப் பக்கங்களிலும் சூழப்பட்டுள்ள காபில்லரிகள் சிலவற்றினூடே கொஞ்சம் இரத்தத்தைப் பாயுமாறு அவை செய்கின்றன, அப்படலினூடே புரோட்டீன்கள் போகமுடியாது; மற்ற இரத்தயேற்றுப் பொருள்கள் செல்லலாம், ஆதலின் அப்படல் புரோட்டீன்களை மட்டும் வெளிவிடாத, வடிகட்டி எனலாய். எனவே அக்காபில்லரிகளின் வழியே பாயும் இரத்தத்தில் புரோட்டீன்கள் மட்டும் உள்ளே நின்றுவிடும். மற்றவற்றைக் கொண்ட கரையப் பகுதி வெளியே வடிந்துவிடும். இவ்வாறு குளூகோஸ், உப்புகள், கசடுகள் முதலானவற்றின் கரையம் இரத்தத்தினின்று வடிகட்டியெடுக்கப்படுகின்றது. அக்கரையத்திலுள்ள குளூகோஸையும் நீரில் பெரும் பகுதியையும், குண்டிக்காய், மீண்டும் இரத்தத்துடன் சேர்த்துவிடுகின்றது. குண்டிக்காயினூடே பாய்கின்ற இரத்தம் முழுவதும் மேற்கூறியவாறு வடிகட்டப்படுகின்றது. எனவே இரத்தத்திலிருந்து கசடுகளும், உப்புகளும், நீரில் ஒரு பகுதியும் அகற்றப்படுகின்றன. அயோர்டாவினின்று பாயும் இரத்தம் பல்லாயிரக் கணக்கான கிளைக் குழாய்களினுள் பாய்கின்றது.

துண்டிக்காய்கள் வேலைசெய்யும் முறை

அக்கிளைக் குழாய்கள் ஒவ்வொன்றினது நுனிகளிலும், வடிகட்டியேடு சூழ்ந்துள்ள காபில்லரிக் குச்சுகள் ஒவ்வொன்று உள்ளன. அவற்றைச் சுற்றிலும், சிறுநீர்ப்புரை (Uriniferous tube) என்ற சின்னஞ்சிறு குழாயொன்று உள்ளது. காபில்லரிக் குச்சுகளினின்று, புரோட்டீனைத் தவிர்த்த மற்ற இரத்தப் பகுதிகள் எல்லாம் வடிகட்டப்பட்டு, சிறுநீர்ப்புரையினுள் கசிகின்றன. இப்படிக் கசிந்த திரவம், புரோட்டீன்களும் கார்புஸல்களும் இல்லாத இரத்தம் எனலாம். அது 'வடித் திரவம்' எனப்படுகின்றது. வடித் திரவம் சிறுநீர்ப் புரையினுள் வடிகின்றது. சிறுநீர்ப்புரையைச் சுற்றிலுமுள்ள ஸெல்கள் வடித் திரவத்தினின்று பெரும்பகுதியான நீரையும், குளூகோஸ் முழுமையையும், உப்புகளில் ஒரு பகுதியையும் கிரகித்துக்கொண்டு, அவற்றை மீண்டும் காபில்லரிகளில் பாயும் இரத்தத்தில் சேர்த்துவிடுகின்றன. இவ்விரத்தம் 'வடிகட்டியறை' யைக் கடந்தபின், 'சிறுநீர்ப்புரை' ஓடியுள்ள

இடங்களின் அருகிலுள்ள இடங்களில் வளைந்து வளைந்து பாய்கின்றது ; பிறகு எல்லா காபில்லரிகளும் ஒன்றுசேருகின்றமையின், அவற்றில் ஓடும் இரத்தங்களும் ஒன்று சேர்ந்து, வெயின் ஒன்றினுள் பாய்கின்றன. சிறுநீர்ப் புரையில் விடப்பட்டுள்ளவை, நீரும் அதில் கலந்துள்ள கசடுகளும் உப்புகளுமேயாம் அக்கரையம் சிறுநீர்ப்புரையினுன்று, மூத்திரமாய் பிளாட்டருக்குள் இறங்கு



படம் 87

துண்டிக்காய் அமைப்பு முறை

1. இருதயத்தினின்று இரத்தம் வரல்.
2. இருதயத்திற்கு இரத்தம் செல்லல்.
3. சிறுநீர் இறங்கல்.

கின்றது. சிறுநீர்ப் புரையினின்று, எவ்வளவாகவாயினுமான சர்க்கரைப் பகுதிகள் எல்லாம் கிரகிக்கப்படுவதில்லை. ஓரளவுக்குட்பட்ட சர்க்கரையே வெளி ஸெல்களால் கிரகிக்கப்பட்டு மீண்டும் இரத்தத்துடன் சேர்க்கப்படுவது. சாதாரணமாக, அவ்வளவைவிட அதிகமான சர்க்கரை இரத்தத்தில் இருக்காது, ஆதலின் அவ்விரத்தத்திலுள்ள சர்க்கரை எல்லாம் கிரகிக்கப்படும். ஆனால். எவ்வாறாகவாயினும் அவ்வளவைவிட மிகுதியாய் சர்க்கரை இருந்துவிட்டால், அவ்வளவே இரத்தத்திற்கு மீளும். அதிகப்பட்ட வளவான சர்க்கரை மூத்திரத்தில் கலந்து வெளிப்படும். நீரிழிவு நோய்க்குட்பட்டவர் உடலில் அவ்வாறு நேரிடுகின்றது. மூத்திரத்தில் கலந்து வெளிப்படும் கசடுகள், புரோட்டீன்கள் சற்று சிதிலமாவதால் ஏற்படுகின்றவை. அவ்வாறு ஏற்படுகின்றவை, கார்பன்டை,

ஆக்ஸைடும், யூரியாவுமாம். கார்பன்டைஆக்ஸைட் நுரையீரல் வழியே வெளியேறுகின்றது. யூரியா கரைந்த நீர் மூத்திரமாய் அகற்றப்படுகின்றது. பெருங்குடலில், ஜீரணமாகாதும், ஜீரணக் கசடுகளாயும் விடப்பட்டவை, அதன் கோடியிலுள்ள ரெக்டம் (Rectum) என்ற குழாயின் வழியே, பெரிஸ்டால்டிக் வகையில், ஏனஸ் (Anus) என்ற திறப்பினூடே வெளியே தள்ளப்படுகின்றன.

இன்னும் உடற்பகுதிகள் தத்தம் வேலையைச் சரியாய்ச் செய்யவேண்டுமாயின், இரத்தத்திலுள்ள நீருக்கும், மற்ற கரைப்பொருள்களுக்குமான வீதம் எப்பொழுதும் ஒரேயளவாயிருக்கவேண்டும். நாம் ஒருபடித் தண்ணீரை ஒரேயடியாய்க் குடித்துவிட்டால், இரண்டு மூன்று மணி நேரத்திற்குள் அந்நீர் மூத்திரமாய் வெளிப்பட்டுவிடும். ஆனால், கொஞ்சம் உப்புக் கலந்த நீராய் ஒருபடி குடித்தால், அது உடலில் தங்கியிருக்கும். ஏனென்றால் நீரும் கரைப்பொருளும் வீதந் தவறாது உள்ளன.

நமது உடலின் பரப்பு முழுவதிலிருந்தும், சில கசடுகள் கழிகின்றன. அவை வியர்வை வழியே கழிகின்றவை. வியர்வைக் கிரந்திகள், இரத்தத்தினின்று, அதிக நீர்க்கமான கரையத்தை வடிகட்டி எடுக்கின்றன.

வியர்வை

ஆனல், அவை குண்டிக்காயைப் போன்றன்றி வடித்திரவத்திலுள்ள எவற்றையும் மீண்டும் இரத்தத்தில் சேர்க்க முடியாதவை. அவை செய்யும் முக்கியமான வேலை, உடலின் வெப்பநிலையைச் சீராய் வைத்துக்கொள்ளல், என்பதேயாம். கொல்லப்பட்டடையில் வேலை செய்கின்ற ஒருவன் உஷ்ணமான இடத்தில் கடுமையாய் உழைக்கின்றான். இன்னும் புழுக்கம் அதிகமாயுள்ள நாளில் வேலைசெய்துகொண்டிருந்தானேயாயின், அவன் உடலினின்று வியர்வை கொட்டுகின்றது. அப்பொழுது அவன் உடலினின்று உப்புக்கரையமான வியர்வை அதிகமாய் வெளிப்பட்டுப் போகின்றது. அவனுக்குத் தாகம் எடுக்கின்றது. ஒரு குடம் தண்ணீரைக் குடிக்கின்றான். அவன் இரத்தத்தில் நீர் மிகுதியாயும் கரைபொருள் குறைவாயும் ஆகின்றன. இரத்தத்தின் சீர் கெடுகின்றது. அவனை வலிப்பு பிடித்து இழுக்கின்றது. ஆனல் கொஞ்சம் உப்புக் கலந்த நீரை அவன் குடித்திருந்தால் நீரும் கரைப்பொருளும் இரத்தத்தில் சீராய் இருக்கும். வலிப்பாவது வேறு எவ்வித கெடுதலாவது ஏற்படாது. ஆகவே, நமது உணவில் சிறிதளவு உப்புப் பொருள்களும் இருக்கவேண்டும்.

உடலில் நடைபெறுகின்ற ஜீரண முறையைப்பற்றியும், கசடு நீக்கு முறையைப் பற்றியும் கூறினேம். சாதாரணமான நல்ல சாப்பாடு என்று எதைக் கொள்ளலாம் எனவும் குறிப்பிட்டோம். அவ்வாறான உணவில், உடலின் தேவைகளைப் பூர்த்திசெய்யப் போதுமானவளவு புரோட்டீன்களும், கார்போஹைட்ரேட்டுகளும், கொழுப்புகளும் இருக்கும். கால்ஷியம் (Calcium) ஸோடியம் (Sodium), இரும்பு முதலானவற்றைக்கொண்ட உப்புகளும் போதியவளவு இருக்கும். எனவே, அவ்வகையான உணவு, பொதுவாய்ப்

போதுமானது எனலாம். சென்ற சில ஆண்டுகளாய் செய்யப்பட்டுவரும் ஆராய்ச்சிகளினின்று, புரோட்டீன்—கொழுப்பு—கார்போஹைட்ரேட்—என்ற மூவகைப் பொருள்களுடன் கூட மிகமிகச் சிறிதளவாய் மற்ற சிலவகைப் பொருள்களும் இருந்தாலன்றி, உடல் நலங்கெடும் எனக் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுளளது. நாம் குறிப்பிட்ட சாப்பாட்டில் அப்பொருள்களும் போதியவளவு இருக்கும். உடலின் ஊட்டம் செவ்வனே நடைபெறுவதற்கென, மிகமிகக் கொஞ்சமாய் அச் சிலவகைப் பொருள்களும் உணவில் இருத்தல் அவசியமாகின்றது. என்ஸைம்களைச் செய்துகொள்வதுபோல, அவற்றை உடற்கருவிகள் தாமே ஆக்கிக்கொள்ள முடியவில்லை. அச் சிலவகைப் பொருள்கள், வைட்டமின்கள் (Vitamins) எனப் பெயரிடப்பட்டுள்ளன. 'ஸ்கர்வி' (Scurvy) என்ற ஒரு வகை இரண நோய்க்குக் காரணமானவற்றைப்பற்றி ஆராய்ச்சிகள் செய்ததினின்று, 'வைட்டமின்கள்' என்ற வகையான பொருள்கள் மிகக் கொஞ்சமாய் உணவில் சேர்ந்தாலன்றி, அந்நோய்க்குட்படவேண்டியதே, எனக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. அந்நோய் வைட்டமின் குறைவால் ஏற்படுவது என அறியப்பட்டது. வைட்டமின்களுள்ள உணவை உண்டதால் அந்நோயாளிகள் குணப்பட்டனர்.

'ஸ்கர்வி' நோயாராய்ச்சியும், வைட்டமின்களும்

ஸ்கர்வி நோயின் காரணமறியப்பட்ட வரலாறு பின்வருமாறும். நீராவிக் கப்பல்கள் கட்டப்படுவதற்கு முன்னுன காலத்தில் பாய்மரக் கப்பல்களிலேயே கடற் பிரயாணங்கள் செய்யப்பட்டுவந்தன. அப்படிச் சென்றபோது, மாதக் கணக்காய் கரை காணுது, நடுக் கடலில் பிரயாணஞ் செய்துகொண்டிருக்கவும் நேரிடல் சகஜம். அப்பொழுது, கப்பற் பிரயாணிகளும் மாலுமிகளும் உப்புக் கண்டத்தையும் பிஸ்கோத்தையும் சாப்பிட்டே உயிர் வாழவேண்டியிருந்தது. அவற்றில் போதுமானவளவு புரோட்டீன்களும், கார்போஹைட்ரேட்டுகளும், கொழுப்புகளும் உண்டு. ஆயினும் நீடித்த பிரயாணங்களின்போது, மாலுமிகள் பலர் 'ஸ்கர்வி' என்ற வியாதியால் பீடிக்கப்பட்டனர். முழங்கால் மூட்டைச் சுற்றிலுமுள்ள எலும்புகளில் தாங்கமுடியாத வலி, பல்லீறுகளினின்று இரத்த ஒழுக்கு, குடலினின்று இரத்தம் கசிதல், உடலெல்லாம் தோலுரிதல் (அவற்றைச் சொறிவதால் ஏற்படும் இரணங்கள்)—என்ற உபாதைகளுக்கு அவர்கள் உட்படவேண்டியவராயினர். சிலர் குணமடையாது இறந்தனர். நோய்வாய்ப்பட்டவர், எலுமிச்சம்பழம் ரஸம், பச்சைக் காய்கறிகள் முதலானவற்றை உட்கொண்டபோது, சீக்கிரத்தில் உடல் தேறி குணமடைந்தனர். 'ஸ்கர்வி' வியாதி இப்பொழுது குழந்தைகளில் மட்டுமே காண்கிறது. அக் குழந்தைகள் தாய்ப்பாலின்றி, பலவகைப் புட்டிப் பால்களால் ஊட்டப்பட்ட குழந்தைகள்; அல்லது பசும்பாலால் ஊட்டப்பட்டனர். புட்டிப் பாலில் வைட்டமின்களே இல்லை; பசும்பாலில் சிலவகை வைட்டமின்கள் குறைவாய் உள்ளன. ஆதலின், குழந்தைகளுக்கு ஆரஞ்சுப் பழ ரஸமும் ஊட்டல் நன்று. ஸ்கர்வி நோயைக்

குணப்படுத்தும் வழி அறியப்பட்டது. அந்நோயைக் குணப்படுத்தும் பொருள், காய்கறிகள், பழங்கள் முதலானவற்றில் உள்ளது என அறியப்பட்டதேயன்றி, அப்பொருள் எதுவென அறியப்படவில்லை. ஸ்கர்வி நோயைக் குணப்படுத்தும் மருந்து எலுமிச்சம்பழ ரஸம் எனக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டதற்கு இருநூறு ஆண்டுகளுக்குப் பின், எலுமிச்சம்பழ ரஸத்தினின்று, அந்நோயைக் கண்டிக்கும் பொருளைப் பிரித்தெடுக்க, ரஸாயன நிபுணரால் முடிந்தது. அப் பொருளுக்கு, அவர்கள் 'வைட்டமின்' என்று பெயரிட்டனர்; அதன் பிறகு, அப் பொருள் எவ்வகையான ரஸாயனப் பொருள்களின் சேர்க்கையானது என்பதையும், அதைத் தாமே செயற்கையாய் அமைக்கும் விதத்தையும், கண்டுபிடித்தார்கள். அது ஒருவகை சர்க்கரைப் பொருள். அது இருந்தாலே, எலும்பு நல்வியில் செங்கார்புஸல்கள் உண்டாகின்றன. ஆயினும் உடலுக்குத் தேவையான வைட்டமின் அளவு மிக மிகச் சொற்பமே.

ஐவகை வைட்டமின்கள்

மேற்கூறப்பட்டவாறுன் வைட்டமின்களில், ஐந்து தினுசுகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. இவையேயன்றி கண்டுபிடிக்கப்படாதவை பல இருக்கலாம். நாம் சரிவர வளர்ட்டம் அடைவதற்கும், உடல் நலம் குன்றுதிருக்கவும், அவை இன்றியமையாதவை.

கொழுப்பு, பால், வெண்ணெய், பாலேடு, என்றவற்றில் மிகச்சிறிதளவாய், வைட்டமின் A, என்றது உள்ளது. மீன் எண்ணெய்களான காட்லிவர்ஆயில் (Cod Liver Oil), ஹாலிபட் லிவர் ஆயில் (Halibut Liver Oil), ஷார்க்கு லிவர் ஆயில் (Shark Liver Oil) என்றவற்றில், அது சற்று அதிகமாயுள்ளது. மாட்டிறைச்சியிலும் அது உள்ளது. ஆனால் பயிர்களினின்று எடுக்கப்படும் எண்ணெய்களில் அது இல்லவே இல்லை. வைட்டமின் A-யைக் கொண்ட பதார்த்தம் எதுவும், நமது உணவில் இல்லாவிடின், பலவாறுன கண் நோய்களுக்கு உட்படவேண்டிவரும். கண்ணினின்று நீர் வாரது. கண்ணின் வெளிப்புறப் பகுதி உலர்ந்து காய் காய்த்துப் போகும். கண் வீங்கும். குருடாய்க்கூட ஆய்விடலாம். குடலை மூடியுள்ள ஜவ்வும் நுரையீரலைப் போர்த்துள்ள ஜவ்வும் உலர்ந்து வெடித்துப்போகின்றன. 1914–18-ஆம் ஆண்டுகளில் நடந்த மகா யுத்தத்தின்போது, டென்மார்க்கு நாட்டினர் நல்ல விலை கிடைக்கின்றது எனத் தமது நாட்டு வெண்ணெய், கொழுப்பு முதலானவற்றை அயல் நாட்டினர்க்கு விற்றனர், இதனால் அந்நாட்டினர் பலர், அவை இல்லாத உணவை உண்டுவர நேர்ந்தது; கண் நோய்களால் பீடிக்கப்பட்டனர். ஆகவே, வைட்டமின் A, நுரையீரல், கண் என்றவற்றைப் போன்ற நுட்பமான உடற்பகுதிகள் நோய்க்குட் படாதவாறு பாதுகாப்பது. இங்கிலாந்திலும் இன்னும் பல ஐரோப்பிய நாடுகளிலும், வைட்டமின் A-க்குறைவு காரணமான நோய்வாய்ப் பட்டவரைக் காண்பது அரிது. அந்நாட்டினரில் பெரும்பாலோர் இறைச்சிக் கொழுப்புக் கலந்த உணவைச் சாதாரணமாய்ப் புசிக்கின்றவர்கள். இந்தியா, சீனு, ஜப்பான் போன்ற நாடுகளில் இறைச்சியாவது, பால், தயிர், வெண்ணெயாவது சேராத உணவை வழக்கமாய் உண்பவரே அதிகமாயுள்ளனர்.

அந்நாடுகளில், வைட்டமின் A குறைவு காரணமான நோய்களால் பீடிக்கப்பட்டவரின் தொகை அதிகமாயுள்ளது.

வைட்டமின் B, என்றது ஒரு கலப்புப் பொருள். அது அநேகமாய் எல்லா உணவுப் பதார்த்தங்களிலும் உள்ளது. புளியவைக்கும் காடி, ஈஸ்ட் (Yeast), மோர் முதலியவற்றில் அது முக்கியமாய் உள்ளது. தவிடில் அது உள்ளது. கோதுமை, அரிசி முதலானவற்றின் முளைகளில் உள்ளது; ஆனால், மற்ற பகுதிகளில் இல்லை. வைட்டமின் B குறைவு காரணமாய் உண்டாகின்ற நோய், பெரி பெரி (Beri-beri) எனப்படுவது. அது நரம்புகளைப் பாதிக்கும் வியாதி. உடலின் உறுப்புக்கள் எல்லாம் பலவீனமாகின்றன. மெஷீன் குத்தல் அரிசியையே முக்கியமாய் உண்பவர்கள் உள்ளநாடுகளில் அவ்வியாதி சாதாரண மாயுள்ளது. சோளமாவையே அதிகமாய் உண்போர் வசிக்கும் நாடுகளில், பெல்லாக்ரா (Pellagra) என்ற வியாதி பரவுகின்றது. அதுவும் வைட்டமின் B குறைவு காரணமான வியாதியே. இங்கிலாந்தில் இந்நோய்க்குட்பட்டவரைக் காண்பது அரிது.

வைட்டமின் C. இது எலுமிச்சம்பழ ரஸத்திலும் இன்னும் பல பழ ரஸங்களிலும் உள்ளது. 'ஸ்கர்வி' வியாதி, வைட்டமின் C குறைவு காரண மானது.

வைட்டமின் D. இது எலும்பின் வலிமைக்குக் காரணமானது. ரிக்கட்ஸ் (Rickets) என்ற கணக் காய்ச்சல், வைட்டமின் D குறைவால் ஏற்படுவது. நமது நாட்டில் அநேக குழந்தைகள் இந்நோயால் துன்பப்படுகின்றனர். கொழுப்பில் வைட்டமின் D உள்ளது. ஆனால் பயிர்களினின்று எடுக்கப்படும் எண்ணெய்களில் இல்லை. காட்லிவர் ஆயிலில், அது விசேஷமாயுள்ளது. நமது தோலின் மீது சூரிய வெளிச்சம் படுவதால், நம்முடலிலேயே வைட்டமின் D உண்டாக்கப்படலாம். ஆனால், பட்டணங்களில் சுத்தமான காற்றோட்டமில்லை. அக்காற்றினூடே வந்த சூரிய வெளிச்சம் நமது உடலில் வைட்டமின் D பயத்தப் பயன்படாது. சுத்தமான காற்றினூடே வரும் சூரிய கிரணங்களே பயன்படுபவை. நாம் உட்கொள்ளும் உணவினின்று, எலும்பமைப் பொருளான கால்ஷியம், பாஸ்பரஸ் முதலானவற்றை ஜீரணிப்பதற்கு, வைட்டமின் D அவசியமாகின்றது.

வைட்டமின் E. கோதுமையின் முளைப் பகுதியிலும், இன்னும் பல பச்சைக் காய்கறிகளிலும் கீரையிலும் உள்ளது. இது ஜனனேந்திரியங்களின் காரியங்களுடன் தொடர்பு கொண்டது. இந்த வைட்டமினுள்ள இரை தராப் படாவிடின் எலிகள் இனப் பெருக்கம் செய்வதில்லை என அறியப்பட்டுள்ளது. முக்கியமான உணவுப்பொருள்கள் சிலவற்றில், புரோட்டீன்கள்—கார்போஹைட்ரேட்டுகள் — கொழுப்புகள் — உப்புகள் — வைட்டமின்கள் எவ்வெவ் வீதங்களாய் உள்ளன என்பதை பின் பக்கம் காட்டியுள்ளோம்.

உணவுப் பொருள்கள்	கார்போ ஹைட்ரேட் சதவீதம்	புரோடீன் சதவீதம்	கொழுப்பு சதவீதம்	நீர் சதவீதம்	உப்புகள் சதவீதம்	கால்ஷியம் சதவீதம்	பாஸ்பேட் சதவீதம்	இரும்பு சதவீதம்	வைடமின்கள் (மிகக்குறைந்த அளவானமை பின் தனி வகையான அளவைப் பிரமாணம்)
கைத்குத்தல் அரிசி ...	77·1	8·5	0·6	12·6	0·9	·01	·28	·00028	A—15 B—90
மில் அரிசி ...	78·9	6·4	0·4	13·3	0·8	·01	·15	·00022	B—20
மணலாக் கொட்டை	20·3 நார் 3·1	26·7	40·1	7·9	1·9	·05	·39	·00016	A—63 B—300
கோதுமை ...	72·2	12·1	1·7	12·2	1·8	·04	·32	·00013	A—108 B—180
துவரம் பருப்பு	57·2	22·3	1·7	15·2	3·6	·14	·26	·00088	A—220 B—150
ஸோயா பீன் ...	20·9 நார் 3·7	43·2	19·5	8·1	4·6	·24	·69	·00115	A—710 B—300
முருங்கைக்கீரை	·44 நார் 13·4	6·7	1·7	75	2·3	.07	·007	·0113	A—1130 B—70 C—220
காய்ந்த மிளகாய்	31·6 நார் 30·2	15·9	6·2	10	6·1	·16	·37	·00023	A—576 B—50
ஆரஞ்சு பழம் ...	10.6	0·9	0·3	87·8	0·4	·05	·02	·0001	A—350 B—40 C—68
மாம்பழம் ...	நார் 1·1 8·8	0·6	0·1	85·9	0·3	·01	·02	·0003	A—48· C—13
வாழைப்பழம் ...	36·4	1·3	0·2	61·4	0·7	—	·05	·0004	B—50 C—1
பச்சைக் கொத்தமல்லி	6·5	3·3	0·6	87·9	1·7	·14	·06	0·1	A—12600 C—135
பசும் பால் ...	4·8	3·3	3·6	87·6	0·7	·12	·09	·0002	A—180 B—17 C—2

வைடமின்களை யொட்டிய யூனிட்டு (அளவைப் பிரமாணம்) மிகமிகச் சிறிதளவானது. அவை, கோடியிலொருபங்கு சதவீதத்தையும் விடக் குறைந்திருப்பவை.

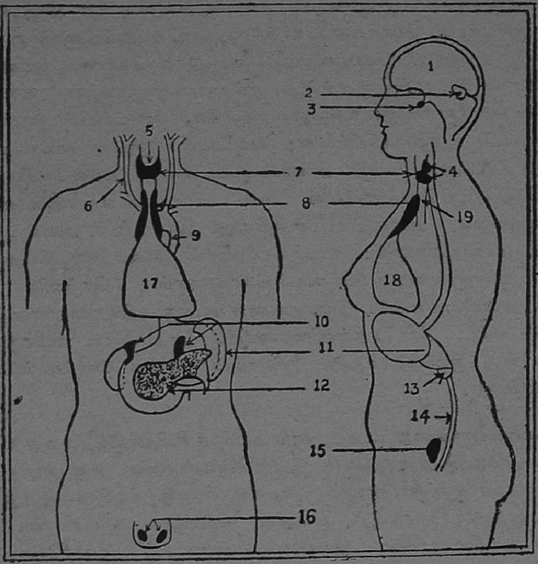
உடலினுள் ஏற்படுகின்ற ரஸாயன மாற்றங்கள் பல, ரஸாயன நிபுணர்களையும் திகைக்கச் செய்யுமாறானவை. அவ்வாறானவற்றில், வைட்டமின்கள் உணவில் என்ன விளைவிக்கின்றன என்பதும் ஒன்று. உணவில் வைட்டமின்கள் இருக்கவேண்டும் என்று அறியப்பட்டுள்ளதேயன்றி, அவற்றால் பயத்தப்படும் ரஸாயன மாற்ற வகை எவ்வாறானது என்பதைப்பற்றி அறியப்படவில்லை. இன்னும், ரஸாயனமாற்றங்கள் பயத்தப்படும்போது, அவற்றன் என்ஜைம்கள் எவ்வாறான தொடர்புடனுள்ளன என்பதைப்பற்றியும் தெரியற்செயற்கையோர் அறியார்கள். நமது உடலிலேயே பலவகையான என்ஜைம்கள் செய்யப்படும்போது, சிறிதளவாகவே வேண்டப்படும் வைட்டமின்களும் நமது உடலின் உறுப்புக்களினாலேயே ஏன் ஆக்கிக்கொள்ளப்படவில்லை என்ற வினா எழுகின்றது. ஆனால் சற்று யோசித்துப்பார்த்தால், நாமே அவ்வினாவிற்கு விடையளிக்கலாம். மனிதர் செயற்கையாய் ஏற்படுத்திக்கொண்ட ஊணிலேயே வைட்டமின்கள் இல்லாக்குறையுள்ளது. எவ்வகையான இயற்கை உணவிலும் வைட்டமின்கள் தாராளமாய் உள்ளன. எனவே, வைட்டமின்கள் இல்லாத உணவை உடல் எதிர்பார்க்கவில்லை; வைட்டமின்களுடன் கூடிய உணவுக்கேற்றவாறே உடலுறுப்புக்கள் அமைக்கப்பட்டவை. அதனாலேயே, அவற்றைத் தாமே செய்துகொள்ளவில்லை. வைட்டமின்களும் என்ஜைம்களும் ஒருவகையில் ஒத்தவை. அவை மிகமிகச் சிறிதளவு இருப்பினும், அவை பயத்தும் விளைவுகள் முக்கியமானவை; உடற் காரியங்கள் பலவும் நடைபெறுவதற்கு அவையே காரணமானவை எனக்கூடச் சொல்லலாம். 'ரென்னின்' என்ற என்ஜைம், தன்னிறையைவிட இருபதுலக்ஷம் மடங்கு அதிக நிறையான பாலைப் பிரைக்கும்; வைட்டமின் D தன்னிறையைவிட நூறு கோடி மடங்கு அதிக நிறையான ஒரு குழந்தை உடலை 'ரிக்கட்ஸ்' என்ற நோய்வாய்ப்படாது பாதுகாக்கின்றது.

என்ஜைம்களும் வைட்டமின்களும் மிகமிகச் சிறிதளவில், நமது உடலின் காரியங்கள் நடைபெறுவதற்கென இன்றியமையாதவை என அறிந்தோம். அவற்றைத் தவிர மூன்றாவது வகையினவான சிலவும் மிகமிகக் கொஞ்சமாய் நமது உடலில் சேர்ந்தாலன்றி, உடலின் காரியங்கள் சரிவர நடைபெறல் கடினம். அப்பொருள்கள் 'இசைப்புக் கிஞ்சங்கள்' (ஹார்மோன்கள்—Hormones) எனப்படுகின்றன. அவை குழாயில்லாக் கிரந்திகள் (Ductless Glands) என்றவற்றில் பயத்தப்படுகின்றன. உமிழ்நீர்க் கிரந்திகள் கணையம் (பாங்கிரியஸ்) கல்லீரல்—என்ற கிரந்திகளைப்பற்றி நாம் அறிவோம். அவை தம்மில் உண்டாகின்ற ரஸங்களை, அவை தேவைப்பட்ட இடத்திற்குப் பாய்ச்சுவதற்கான குழாய்களுடன் உள்ளவை. குழாயில்லாக் கிரந்திகளில் ஏற்படுகிற

இசைப்புக் கிஞ்சங்கள் (ஹார்மோன்கள்)

பொருள்கள், இரத்த வோட்டத்தில் அவற்றினின்று நேரேக் கசிந்து விரவுகின்றன. அக்கிரந்திகள் ஒவ்வொன்றிலும், அதனதற்கென்றான பொருள் வகைகள் முறையே செய்யப்படுகின்றன. நமதுஉடலில் இவ்வாறான கிரந்திகள் பல இருக்கலாம், அவற்றில் ஆறு முக்கியமானவை. கழுத்தின்

அடிமாட்டில், தைராயிட் (Thyroid), பாராதைராயிட் (Parathyroid) என்றவை உள்ளன. குண்டிக்காய்களுக்கு மீதான பகுதியில், 'அட்ரினல்' (Adrenal) என்றவை எள்ளன. மூளையின் கீழ்ப்பாகத்தில், 'பிட்யுடரி' (Pituitary) என்றது உள்ளது. காதின் பக்கமாய், 'பினியல்' (Pineal) என்றது உள்ளது. கணையத்தில் (பாங்கிரியஸில்) சில பகுதிகளில் குழாயில்லாக் கிரந்திகள் உண்டு. ஆண்களில் பீஜப் பகுதியிலுள்ள டெஸ்டிஸ் (Testis) களிலும், பெண்களில் கருப்பை (ஓவரி Ovary) பகுதியிலும், குழாயில்லாக் கிரந்திகள் உள்ளன.



படம் 131.

குழாயில்லாக் கிரந்திகள்—(Ductless Glands)

1. மூளை
2. பினியல் (Pineal)
3. பிடியுடரி (Pituitary)
4. பாராதயிராயிடு (Parathyroid)
5. குரல்வளை (Larynx)
6. காரோடிடு ஆர்டரி (Carotid Artery)
7. தைராயிடு (Thyroid)

8. தைமஸ் (Thymus)
9. அயோர்டா (Aorta)
10. ஸுப்ரா ஆரினல் (Suprarenal)
11. இரைப்பை (Stomach)
12. பாங்கிரியஸ் (Pancreas)
13. குண்டிக்காய் (Kidney)
14. யூரீடர் (Ureter)
15. ஓவரி (Ovary)
16. டெஸ்டிஸ் (Testes)
17. இருதயம்
18. மூச்சுக்குழாய் (Trachea)

தைராயிட் கிளாண்டு என்பதைப்பற்றி முதலில் கூறலாம். அது, 'H' என்ற எழுத்தின் வடிவானது; மூச்சுக் குழாயின் இரு பக்கங்களிலுமாயும் பொருந்தியுள்ளது. ஒருவர் உடலினின்று தைராயிட் கிளாண்டு அகற்றப்படுமாயின், அவர் மந்தமாய் ஆகின்றார்; உடல் ஜில்லிடுகின்றது; தோலின் கீழுள்ள டிஷ்யூக்கள் வீங்குகின்றன; ஆள் அடையாளமே தெரியாதவாறு மாறிவிடுகின்றார். இச் சின்னங்கள், மைக்ஸோடிமா (Myxoedema) என்ற வியாதியினவை. எனவே, அவ்வியாதியால் பீடிக்கப்படுகின்றவர், தைராயிட் சத்தை (Extract) எடுத்துக்கொள்வதால், குணப்படுகின்றனர். ஒருவர் உடலில் தைராயிட் சாறு அதிகப்படினும், அதுவும் ஒரு வியாதியே. அந்நோயாளிகளின் இருதயம் அதிக வேகமாய்த் துடிக்கும்; அவர்கள் துரிதமாய் மூச்சுவிடுவார்கள். உடலில் உஷ்ணம் அதிகரிக்கும்; எவ்வேலையையும் படபடவென்று செய்வார்கள். அவர்களை ஸௌஸ்தப்படுத்த தைராயிட் தன்மையைக் குறைக்கும் மருந்து தரவேண்டும். ஆகவே உடலின் காரியங்களை எல்லாம் தூண்டும் பொருள் ஒன்று தைராயிட் கிளாண்டில் உண்டாக்கப்படுகிறது எனத் தெளிவாகின்றது. அந்த 'ஹார்மோன்' 'தைராக்ஸின்' (Thyroxine)' எனப்படுகின்றது. அதை ரஸாயன தேரியற்செயற்கையார் தனிப்பொருளாய்ப் பிரித்தெடுத்திருக்கிறார்கள்; அதன் உள்ளமைப்பொருள்கள் எவைஎன்பதையும் கண்டுபிடித்திருக்கிறார்கள். அது அபாரமான சக்தி வாய்ந்தது. உடலில், அது தன் நிறையைவிட இரண்டரை லக்ஷம் மடங்கு அதிக நிறையான சர்க்கரை எரிக் கொள்ளியை (பூயலை) சக்தி விளைவிக்குமாறு, மூட்டிவிடும். தைராயிட் சத்து, 'அயோடின்' (Iodine) கலப்பானது. சாதாரண நீரில், அயோடின் மிகமிகச் சிறிதளவு உள்ளது. ஆயினும் அந்நீரினின்று நமது உடலுக்குத் தேவையான அளவு தைராக்ஸின் செய்யப்படுவதற்கான அயோடின் கிடைக்கும். ஆனால், உலகின் சில பாகங்களிலுள்ள நீரில் அயோடின் கொஞ்சங்கூட இருப்பதில்லை. அங்கு வசிக்கின்றவர் 'தொண்டைக்கட்டி' (காயிடர்—Goitre)

என்ற வியாதியால் பீடிக்கப்படுகின்றனர். தைராயிட் கிளாண்டு, ஏதோ கொஞ்சம் அயோடீனைக்கொண்டே, தைராக்ஸினைச் சமைக்கவேண்டியுள்ளது. ஆதலால், அது சத்துக் குறைந்ததாய் இருக்கும்; சத்துக் குறைந்த பொருள், அதிக அளவு வேண்டப்படும். எனவே, அதிகவளவான தைராயிட் பொருள் கிரந்தியில் இருக்கவேண்டும். கிரந்தி அதிக பருமனுகின்றது. கழுத்து வீங்குகின்றது. தைராக்ஸின் போதிய அளவு இல்லாமையின், சிலர் மானவக்குட்டர் (கிரெடின்கள்—Cretins) என்ருகின்றனர். அவ்வாருனவர் மிகவும் தாமத மானவராயும், குள்ளர்களாயும், அசமந்தங்களாயும், பார்ப்பதற்கு அருவருப்பானவராயும் உள்ளனர். குழந்தைப் பருவத்திலிருந்தே தைராக்ஸின் குறைவானதால், அவர்கள் அவ்வாருகின்றனர். எனவே சிறு வயதிலேயே, தைராயிட் சத்துகொடுப்பதால் அவ்வியாதியைத் தடுக்கலாம். ஆனுல், பிராயமான பின் தைராயிட் சத்துவை ஏற்றுவதால் பயனில்லை. நோய் முற்றியபின் அதைக் குணப்படுத்த முடியாது.

தைராயிட் கிளாண்டின் அருகில் பாராதைராயிடுகள் என்ற சிறுகிரந்திகள் இரண்டு உண்டு. அவற்றின் சத்து 'பாராதோர்மோன்' (Parathormone) எனப்படுகின்றது. அதன் ரஸாயனீய அமைப்பொருள்கள் எவை என்பதை ரஸாயன நிபுணர்கள் இன்னும் கண்டுபிடிக்கவில்லை. எனவே, அதைச் செயற்கையாய்ச் சமைக்க முடியாது. அக் கிளாண்டுகள் இரத்தத்திலுள்ள கால்ஷியத்தின் வீதத்தைச் சீராய் வைத்துக்கொள்பவை. ஆதலின் பாரா தோர்மோன் குறைந்தால், இரத்தத்தில் கால்ஷியம் குறைகின்றது; உடலில் வலிப்பு உண்டாகின்றது. வலிப்பு அதிகமாகி, மரணமும் நேரிடலாம். பாராதோர்மோன் அதிகமானுல் இரத்தத்தில் கால்ஷியம் அதிகமாகின்றது. அதனுல் எலும்புகளுக்கான கால்ஷியத்தின் அளவு குறைகின்றது. எலும்பின் கால்ஷியத்தில் ஒரு பகுதி இரத்தத்தில் கரைந்துவிடுகின்றது எனலாம். எலும்புகள் மெத்தெனவாகின்றன : நெளிந்து சீர்குலைகின்றன.

ஆட்ரினுல் கிரந்திகள் குண்டிக்காய்களின் கிட்டத்திலுள்ளவை. அவை வில் வளைவின் வடிவானவை. இவ்விரு பகுதிகளாலான அட்ரினுல் கிரந்திகள் இரண்டு உண்டு. மரப்பட்டை போன்று விறைப்பாயுள்ள 'கார்டக்ஸ்' (Cortex) எனப்படும் தோலால் அக்கிரந்திகள் மூடப்பட்டுள்ளன. உட்பகுதி, 'மெடுல்லா' (Medulla) எனப்படுகின்றது. வெளி மூடியான கார்டக்ஸூம் உடல் நலத்திற்கு இன்றியமையாததே. அதனின்று வரும் பொருள் எதுவென இன்னும் அறியப்படவில்லை. ஆயினும் கார்டக்ஸ் அதிகமாய் வளர்ந்துவிட்ட ஒருவரின் உடல் விரைவாய் வளர்ச்சியுறுகின்றது. அதனுல் அவ்வாருனவர் சிறு வயதிலேயே பருவமெய்துகின்றனர். உட்பகுதியான மெடுல்லா, 'அட்ரினுலின்' என்ற பொருளைச் சமைக்கின்றது. அப்பொருளின் ரஸாயனீய அமைப்பொருள்கள் எவை யென அறியப்பட்டுள்ளது. 'அட்ரினுலின்'

செயற்கையாய் செய்யப்பட்டுள்ளது. 'அட்ரினலின்' உடலையொட்டி எதிர்பாராத சம்பவங்கள் நேரிடும்போது ஏற்படுகின்ற அதிர்ச்சியைத் தாங்குதற்குத் தயாராய் உடற்பாகங்களை வைத்துக்கொள்வதற்கானது. அவ்வாறான திடீர்ச் சம்பவங்கள் நிகழும்போது, அட்ரினலின் அதன் கிரந்திகளினின்று அதிகமாய் வெளிப்படும். அட்ரினல் கிரந்திகள் நரம்புகளின் வழியே மூளையுடன் தொடர்பு கொண்ட வகையில் வேலை செய்வதில்லை. அட்ரினலின் நேராகவே உடற்பகுதிகளுடன் தொடர்பானது. பிராணியொன்று அதன் விரோதியை எதிர்த்து நிற்கும்போது உணர்கின்ற அச்சத்திற்கும் சீற்றத்திற்குமான அறிகுறிகள் அட்ரினல் அதிகமாய் வெளிப்படும்போது தோன்றுகின்றன. கண் விழிகள் பிதுங்கி வெளியே வருகின்றன; கண்கள் வெருண்டு திறக்கின்றன: புருவங்கள் நெறிக்கின்றன; இருதயம் படபடவென்று பலமாய் அடித்துக்கொள்கின்றது; ஜீரணம் தடைப்படுகின்றது. அப்பகுதிகளிலுள்ள இரத்தம் எல்லாம் தசைகளினுள் பாய்கின்றது. பிராணி தன் விரோதியை எதிர்த்துச் சண்டை போடவாவது, பயந்து ஓடிப்போகவாவது, அவயவங்களிலுள்ள தசைகள் தயாராய் வைத்துக்கொள்ளப்படுகின்றன. அதனால் உடலின் இரத்தமெல்லாம் அத்தசைகளினுள் பாய்ந்துவிடும். இரத்தமெல்லாம் இப்படித் தசைகளுக்குச் சென்றுவிடுவதால், உடம்பு வெளுத்துப்போகின்றது. செங்கார்புஸல்களின் ரிஸர்வாயரான மண்ணீரல் சுருங்குகின்றது. அதிலுள்ள இரத்தமெல்லாம் தசைகளினுள் பாய்கின்றது. கல்லீரல், தன்னிலுள்ள 'ரிஸர்வ்' கிளைகோஜனை அதிவேகத்துடன் குளுகோஸாய் மாற்றுகின்றது. எதிர்பார்க்கப்படும் கடும் போருக்காவது, கடும் வேகமான ஓட்டத்திற்காவது, தேவையான சக்தி தசைகளில் தயாராய் சேமிக்கப்படுகின்றது. நாம் உருத்திரப் பார்வையுடன் பிறர் மேல் சீறிவிழுதல், நமது குற்றமன்று. உடலில் அட்ரினல் அதிகமாகி இரத்தத்தில் கலந்தால், அதற்கு நாம் என்ன செய்வது? அட்ரினலின் வைத்தியச் சிகிச்சையில் பலவகைகளில் பயன்படுகிறது. பல் வைத்தியர் கெடுதலாய்ப் போன பல்லைப் பிடுங்குவதற்கு முன், அப்பல்லுள்ள இடத்தின் அருகில் கொஞ்சம் அட்ரினலினை இஞ்சக்ட் செய்கிறார். அதனால் அவ்விடத்துக் காபில்லரிகளினின்று இரத்தம் தசைகளுக்குப் பாய்ந்துவிடுகின்றது. பல்லைப் பிடுங்கிய பின் அதிகமாய் இரத்தம் வழிவதில்லை. இவ்வாறு, இரத்த வொழுக்கை நிறுத்தும் வகையில் அட்ரினலின் பயன்படுகிறது.

மூளையின் அடிப்பாகத்தில் பிட்யுடரி கிளாண்டு உள்ளது. அதுவும் இரு கிரந்திப் பகுதிகளாலானது. முற்பகுதியில் மூவகைப் பொருள்கள் உண்டாகின்றன. ஒன்று எலும்பு வளர்ச்சியுடன் தொடர்புகொண்டது. அப்பொருள் அதிகமாய்விட்டால் எலும்புகள் பெரிதாய்விடுகின்றன. அவ்வாறு பெரும் எலும்புகளுடனுள்ளவர்கள் 'ராக்ஷஸர்களாய்' ஆகின்றனர். எழு—பத்து அடி உயரம்வரை வளர்கின்றனர். உருவத்தில் பெருத்தவராயினும், அவர்கள்

பலவீனமானவரே; ஏனென்றால், அவர்களது பெரும் எலும்புகளுக்கேற்றவாறு தசைகளும் பெரும் தசைகளாய் வளர்வதில்லை. அவ்வரக்கர்கள் ஆயுள் குறைந்தவர்கள். அவர்கள் அநேகமாய் இளமையிலேயே இறந்துவிடுகிறார்கள்; நடு வயதுக்கு மேல் அவர்கள் பிழைத்திருத்தல் அரிது. பருவமானபின் பிட்யுடரி கிளாண்டு பெரிதானால், 'அக்ரோமாலஜி' என்ற நோய் காண்கிறது. முகத்தின் கீழ்வாட்ட எலும்புகளும், கைகால்களின் எலும்புகளும் மிகப் பெரிதாய் வளர்ந்துவிடுகின்றன. நோயாளி அடையாளமே புரியாதபடி மாறிவிடுகின்றான். அரக்க நோயும் (Giantism) அகோர நோயும் (அக்ரோமாலஜி) அரிதாகவே தோன்றும் பிணிகள். பிட்யுடரியின் முற்பகுதியினின்று உண்டாகும் மற்றொரு வகைப்பொருள், புரோலான்ஸ் (Prolons) எனப்படுகின்றது. அது பெண்களில் ஓவங்கள் (Ova) என்ற பெண் கருக்கள் உண்டாவதையும், கர்ப்பமானபோது, அது தரித்திருப்பதையும், சீராய் வைத்துக்கொள்ளப் பயன்படுவது. பிட்யுடரியின் பிற்பகுதியினின்றும் பலவகை ஹார்மோன்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. அவற்றினின்று செய்யப்படும் பிட்யுட்ரின் (Pituitrin) என்ற பொருள், வைத்தியமுறையை யொட்டி மிகவும் பயன்படுகின்றது. அது இரத்த அமுக்கத்தை அதிகப்படுத்தும். ஆபரேஷன் முதலானவற்றால் அதிர்ச்சி ஏற்படுகின்றபோது, இரத்த அமுக்கம் குறையும். பிட்யுட்ரின் அவ்வமுக்கத்தைச் சீரானதாக்கும். உடலில் அதிகமாய்க் கொழுப்பு ஏற்படுவதையும், பிட்யுட்ரின் சீர்செய்வது. அதிகமாய்க் கொழுத்துள்ள பலர், சீர் கேடான பிட்யுடரிகளைக் கொண்டவர், என அறியப்பட்டுள்ளது. உடலிலுள்ள நீரினளவைச் சீராக்கவும், பிட்யுடரிகள் பயன்படுபவை. பிட்யுடரிகள் தம்மினின்றே பயக்கப்படும் ஹார்மோன்களால் செய்யப்படுபவற்றை தவிர, மற்றொரு வகையிலும் வேலைசெய்கின்றன. அவை, மற்ற சில கிளாண்டுகளுடனும் ஒரு வகையில் தொடர்பு கொண்டவை. தைராயிடுகள், ஓவரிடெஸ்டிஸ் என்ற கிளாண்டுகளின் வேலையைத் துரிதப்படுத்துமாறும், மந்தப்படுத்துமாறும் பிட்யுடரி, அவற்றை இயக்குகின்றது.

ஜனனேந்திரியவியலான, ஓவரி-டெஸ்டிஸ் என்றவற்றின் கிளாண்டுகள், அவ்வியலான காரியங்களை சீராக்குகின்றவை. பருவ காலமானபோது, அவற்றைத் தூண்டிவிட்டு வேலை செய்யப் பண்ணுகின்றவை, பிட்யுடரி கிளாண்டுகள். அதுவரை அவற்றில் ஹார்மோன்கள் செய்யப்படுவதில்லை. பிட்யுடரியால் தட்டி யெழுப்பப்பட்ட பிறகு, அக்கிளாண்டுகள் வளர்ந்து, அவ்வவற்றிற்கான ஹார்மோன்களை உண்டாக்குகின்றன. அதனாலேயே, பருவகாலமானபோது மக்களில் காண்கின்ற உடல் மாறுபாடுகளும் உள்ளப் போக்கின் வேறுபாடுகளும் ஏற்படுகின்றன.

இது காறும் நாம் கூறிவந்த விஷயங்களில், 'ரஸாயனமாற்றம்.' 'ரஸாயனப் பொருள்கள்',—'ரஸாயனிச்சேர்க்கை',—'ரஸாயனியப் பிரிவினை—

என்ற ரஸாயன தெரியற் செய்கை முறையை யொட்டிய விஷயங்களைப் பற்றி அடிக்கடி குறிப்பிட்டோம். அவற்றைப் பற்றிச் சற்று விரிவானவாறு இனிக் கூறலாம்.

நமது உலகில் எண்ணற்ற வஸ்துக்கள் உள்ளன. ஆயினும் நாம் அவை ஒவ்வொன்றும் முறையே, மற்ற எல்லாவற்றினின்றும் முற்றும் வேறுபட்டவை யெனக் கருதுவதில்லை; சில பொதுவான தன்மைகளை யொட்டி அவற்றைத் தக்கவாறு வகைப்படுத்தியே குறிப்பிடுகிறோம். பல கட்டிகள் கிடக்கின்றன. அவை வெவ்வேறு அளவுகளுடனும் வடிவங்களுடனும் உள்ளன. ஆயினும் அவை எல்லாம் ஒரே வகையான 'சுண்ணும்பு' என்ற பொருளாலானவை எனக் காண்கிறோம். அவை எல்லாம் 'சுண்ணும்புக் கட்டிகள்' எனக் குறிப்பிடுகிறோம். எனவே அவற்றிற்குப் பொதுவான 'சுண்ணும்பு' என்ற பொருளொன்றுண்டு என அறிகிறோம். உளி, பாரை, குாடு, முதலானவை பலவகைகளில் வேற்றுமையானவையாயினும், அவை எல்லாம் இரும்பால் செய்யப்பட்டவை என்ற வகையில் ஒத்தவை. ஆகவே, எண்ணற்ற வஸ்துக்கள் இவ்வுலகத்தில் இருப்பினும், அவை, இரும்பு—சுண்ணும்பு. வெள்ளி—மரம்—முதலான பல பொருள்களால் ஆனவை என வகையீடு செய்யப்படலாம் எனக் காண்கிறோம். ஆயினும், இரும்பு—சுண்ணும்பு—வெள்ளி—மரம்—மணல்—துணி என்ற பொருள் வகைகளும் ஏராளமாய் உள்ளன. கோடிக் கணக்காயுள்ள அப்பல பொருள்களுக்கும் பொதுவான தன்மைகளை அறிந்து அவற்றை மேலும் வகையீடு செய்யவேண்டுமாயின் அவை ஒவ்வொன்றையும் நன்கு பரிசிலனை செய்யவேண்டும். அவ்வாறன பரிசீலனைகள் பல வழிகளில் செய்யப்படலாம். ஒரு பொருளாலான வஸ்துவொன்றை உடைத்து அதன் பகுதிகளைக் காணலாம். அவ்வாறே அதை மேலும் மேலும் உடைத்து, பின் நன்றாய் நொறுக்கித் தவிடு பொடியாக்கி முடிவில் என்ன கிடைக்கின்றது என்பதைப் பார்க்கலாம். இப்படி, ஒரு வஸ்துவை மேலும் மேலும் பொடியாகுமாறு அரைத்துக்கொண்டே போனால், முடிவில், அது மிகச் சிறிதான தூள்களாய் ஆகின்றது. அத்தூள் ஒன்றை விட நுணுக்கமானவையாய் நொறுக்கமுடியாத நிலைமை ஏற்படுகின்றது. அப்படியுள்ள தூளொன்று. ஆதியிலிருந்த வஸ்துவின் அமைப்பொருளின் தன்மைகள் எல்லாவற்றுடனு முள்ளது. அவ்வாறன தூள், அப்பொருளின் 'மூலத்துகள்' (மாலிக்யூல்-Molecule) எனப்படுகின்றது. இங்ஙனம் ஒவ்வொரு பொருளும், அதனதன் மூலத்துகள்களால், முறையே, ஆனது என அறிகிறோம். இருப்புப்பொருள் இரும்பு மூலத்துகள்களாலானது; சுண்ணும்புப் பொருள், சுண்ணும்பு மூலத்துகளாலானது. இவ்வாறே பலவும். ஓரிடத்தில் காற்றுப்பொருள் அடைக்கப்பட்டிருந்தால், அவ்விடத்தில் காற்று மூலத்துகள்கள் உள்ளன. ஒருபடியளவுப்

மூலத்துகள் (மாலிக்யூல்)

பருமனான இடத்தில் சிறிதளவுக் காற்று அடைக்கப்பட்டுள்ளது என வைத்துக் கொள்வோம். அதை, ஒரு அகற்றி (எக்ஸாஸ்டிங்கு)ப் பம்பால் இறைப்போம். அவ்வாறு காற்றை இறைத்தல் என்றால் அதன் அமுக்கத்தைக் குறைத்துக் கொண்டு வருதல், எனக் கூறியுள்ளோம். சிறந்த பம்புகளைக் கொண்டும், அமுக்கத்தை, $\frac{1}{30,00,00,000}$ அங்குலத்தை விடக் குறையளவாக்க முடியாது, எனவும் கூறினோம். அந்நிலைமையிலுங் கூட, படியளவுப் பருமனான இடத்தில் பத்து லக்ஷக் கோடி காற்று மூலத்துகள் உள்ளன. எனவே, மூலத்துகள் ஒன்று எத்துணை நுணுக்கமானது, என அறியலாம். மேற்கூறப்பட்டவாறான பரிசீலனையினின்று, பொருளொன்றை எவ்வளவு வரை நுணுக்க இயலும் என்று அறிந்துகொண்டோம். ஆனால், பொருள் ஒன்று, ஒரு வகைப் பொருளினால் மட்டும் ஆனதா, அன்றி தனி வகைப் பொருள்கள் என நாம் காண்பனவற்றிற்குப் பொதுவான உட்பகுதிப் பொருள்கள் உள்ளனவா, அன்றி ஒவ்வொரு பொருளும் அதனதற்கென்றான வேறு வகை உட்பகுதிப் பொருள்களுடனுள்ளதா, என்றவாறான விஷயங்களைப் பற்றி நாம் ஒன்றும் அறிந்துகொள்ளவில்லை. அவற்றை அறிவதற்கு, வேறு வழிகளில் பரிசீலனைகள் செய்யப்படவேண்டும். ஒரு பொருளைக் காய்ச்சியும், உருக்கியும், நீரில் கரைத்தும், வேறு பொருள்களுடன் சேர்த்துக் காய்ச்சியும், அதனூடே மின்சாரம் செலுத்தியும்-இன்னும் இவ்வாறான பலவற்றைச் செய்தும் பார்க்க வேண்டும். அவ்வாறான பரிசீலனை, 'ரஸாயனப் பரிசோதனை' (Chemical Examination) எனப்படுகின்றது. அவ்வழிகளில் பரிசீலனை செய்தபோது, பெரும்பாலான பொருள்கள், தொண்ணூற்றிரண்டு மூலப்பொருள்களில் இரண்டாயினும், பலவாயினும், பலவாறு சேர்க்கையானதால் ஆனவையே

அடிப்பண்டங்கள் (எலிமன்டுகள்)

எனக் காணப்பட்டது ; அவ்வாறு சேர்க்கைப் பொருளாயில்லாதவை, மூலப்பொருள்களில் ஏதாவதொன்றாய் இருந்தன எனவும் காணப்பட்டது. அதாவது ஒரு பொருள், மூலப் பொருள்களில் ஒன்றாயிருக்கவேண்டும் ; அன்றி ஒன்றுக்கும் அதிகமான மூலப்பொருள்கள் பலவற்றின் சேர்க்கையினாலான பொருளாயிருக்கவேண்டும் என, ஏற்பட்டது. அவ்வாறான மூலப் பொருள்கள் 'அடிப்பண்டங்கள்' (எலிமண்டுகள். Elements) எனப்படுகின்றன. இரண்டு அன்றி இரண்டுக்கதிகமான அடிப்பண்டங்கள் (எலிமண்டுகள்). அவற்றினின்று வேற்றுமையானதெனச் சாதாரணமாய் தோன்றும் பொருளாய்ச் சேர்க்கையாவதற்கு, ரஸாயன ஐக்கியம் (கெமிகல் காம்பினேஷன்—Chemical Combination) என்று பெயர். ரஸாயன ஐக்கிய முறையை யொட்டிப் பல அடிப்பண்டங்களின் சேர்க்கையினாலான கூட்டுப்பொருளொன்று 'ரஸாயனத்தாளம்' (கெமிகல் காம்பவுண்டு—Chemical Compound)

எனப்படுகின்றது. ரஸாயனத்தாளம் (கெமிகல் காம்பவுண்டு) ஒன்று அடிப் பண்டங்களாய்ப் பதப்பிரிவினையாவதற்கு, ரஸாயனச் சிதிலம் (கெமிகல் டீகாம்போஸிஷன்–Chemical Decomposition) என்று பெயர். இரும்பு பொன்-கந்தகம்-ஹைட்ரஜன்–ஆக்ஸிஜன்–கால்ஷியம்–அயோடின் – பாதரஸம்-பிஸ்மத்-கார்பன்-என்றவையும் இன்னும் பலவும், அடிப்பண்டங்கள். தண்ணீர்-சுண்ணும்பு-மணல்-துரு-உப்பு-களிம்பு-எலும்பு -தசை-மரம்-என்றவையும் இன்னும் பலவும், தாளங்கள் (காம்பவுண்டுகள்). இவ்வுலகிலுள்ள பொருள்களில், அடிப்பண்டங்களானவற்றைத் தவிர்த்த மற்றவை யெல்லாம் ரஸாயனத் தாளங்களே. (கெமிகல் காம்பவுண்டுகள்). தண்ணீர், ஆக்ஸிஜன்-ஹைட்ரஜன்-என்ற இரு அடிப்பண்டங்களின் தாளம் (காம்பவுண்டு). சுண்ணும்பு, கால்ஷியம்-ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் என்ற மூன்று அடிப்பண்டங்களின் ரஸாயன ஐக்கியத்தால் (கெமிகல் காம்பினேஷனல்) உண்டாவது. துருவிலுள்ள அடிப் பண்டங்கள், இரும்பும் ஆக்ஸிஜனும். உப்பு, ஸோடியம்-குளோரின் என்ற அடிப்பண்டங்களைக் கொண்டது. மணல்-ஸிலிகான், ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன். களிம்பு-செம்பு, கார்பன்-ஆக்ஸிஜன். எலும்பு-கால்ஷியம், பாஸ்பாஸ்-ஆக்ஸிஜன். இவ்வாறு உலகிலுள்ள பொருள்கள் ஒவ்வொன்றும் அடிப்பண்டமாகவாயினும், தாளமாகவாயினும், உள்ளவை. தாளமான (காம்பவுண்டு) ஒன்றிலுள்ள அடிப்பண்டங்கள் (எலிமண்டுகள்) எவை என்பதைப் பரிசோதிக்கும் முறை, ரஸாயனப் பகுப்பு முறை (கெமிகல் அனுலிஸிஸ்-Chemical Analysis) எனப்படுகின்றது.

ரஸாயன ஐக்கியமும் சிதிலமும்

ரஸாயனத் தாளங்களும், சாதாரணக் கலவைகளும்

ரஸாயனத் தாளம் (கெமிகல் காம்பவுண்டு), சாதாரணமாக நாம் செய்யும் கலவை (மிக்ஸ்சர்—Mixture)ப் பொருளினின்று வேறுபட்ட வகையானது. நம்மைச்சூழ்ந்துள்ள காற்று, ஆக்ஸிஜன், நைட்ரஜன் என்ற இரு வாயுக்களின் கலவை, அவையே, நைட்ரிக் ஆக்ஸைடு என்ற வாயுவாய் ரஸாயன ஐக்கியத்தால் ஆகலாம். நைட்ரிக் ஆக்ஸைடு வாயு, ஆக்ஸிஜனினின்றும், நைட்ரிஜனினின்றும் வேற்றுமையான தன்மைகளைக்கொண்டது. நைட்ரிக் ஆக்ஸைடு, ஒரு ரஸாயனத் தாளம் (கெமிகல் காம்பவுண்டு). கலவையொன்றிலுள்ள சேர்மானப் பொருள்கள் அவ்வவற்றின் தன்மை மாறுதுள்ளன. ஆதலின் கலவையின் தன்மைகள் அச்சேர்மானப் பொருள்களின் தன்மைகளாகவே இருக்கும். ரஸாயனத் தாளம் (கெமிகல் காம்பவுண்டு) ஒன்றைச் சிதிலப்படுத்த (டீகம்போஸாக்க) கடுஞ் சூடாவது மின்சாரச் சக்தியாவது, அன்றி வேறு எவ்வகையான சக்திப் பிரயோகமாவது, வேண்டும். ஆனல் சாதாரணக் கலவையினின்று அதன் சேர்மானப் பொருள்களை சக்திப் பிரயோகமின்றிப் பிரித்தெடுத்துவிடலாம்.

பல அடிப்பண்டங்கள் ரஸாயனீயமாய்ச் சேரும்போது ரஸாயன ஐக்கியம் (கெமிகல் காம்பிநேஷன்) நடைபெறுகின்றது, என மேலே கூறினோம். பல தாளங்கள் (காம்பவுண்டுகள்) ரஸாயனீயமாய்ச் சேரும்போதும், பல தாளங்களும் பல அடிப்பண்டங்களும் ரஸாயனீயமாய்ச் சேரும்போதும், கூட ரஸாயன ஐக்கியம் (கெமிகல் காம்பிநேஷன்) நடைபெறலாம். நைட்ரஜனும், ஆக்ஸிஜனும் ரஸாயனீயமாய் ஐக்கியமாகி, நைட்ரிக் ஆக்ஸைடாய் ஆகின்றன. நைட்ரிக் ஆக்ஸைட் பின்னும் ஆக்ஸிஜனுடன் ரஸாயனீயமாய் ஐக்கியமாகி நைட்ரஜன் டைஆக்ஸைட் என்ற வாயுவாய் ஆகலாம். நைட்ரஜன் டைஆக்ஸைடு நீருடன் ரஸாயனீயமாய் ஐக்கியமாவதால், நைட்ரிக் ஆஸிட் என்ற திரவம் பயத்தப்படுகின்றது. ரஸாயனச் சிதிலம் (கெமிகல் டிகாம்போஸிஷன்) நடைபெறும்போது, தாளம் (காம்பவுண்டு) அதிலுள்ள அடிப்பண்டங்களாய்த் தான் சிதிலப்பட (டிகம்போஸாக) வேண்டும் என்றில்லை அவை வேறு பல ரஸாயனத் தாளங்களாகவாவது (காம்பவுண்டுகளாகவாவது), ரஸாயனத் தாளங்களும் அடிப்பண்டங்களுமாகவாவது சிதிலமாகலாம் (டிகம்போஸாகலாம்). இன்னும், இரு தாளங்கள் ரஸாயனீயமாய்ச் சேர்க்கப்படும்போது அவையிரண்டும் எவ்வாறாகவாயினும் சிதிலப்பட்டு, அவ்வாறு ஏற்பட்டவை மீண்டும் எவ்வாறாகவாயினும் ஐக்கியமாகி, வேறுபல தாளங்கள் (காம்பவுண்டுகள்) பயத்தப்படலாம். இவ்வாறு பல வகைகளிலும் ஏற்படும் ஐக்கியங்களும் (காம்பிநேஷன்களும்) சிதிலங்களும், (டிகாம்போஸிஷன்களும்) பொதுவாக ரஸாயன மாற்றங்கள் (கெமிகல் சேஞ்சுகள்—Chemical Changes) எனப்படுகின்றன.

ரஸாயன மாற்றங்கள்

ரஸாயன அறிஞர், அடிப்பண்டங்களை (எலிமெண்டுகளை) அவற்றின் இயல்புகளைப் பொருத்தவாறு, பல தொகுதிகளானவாறு வகையீடு செய்துள்ளனர். அவ்வகையீடு, 'நிகரிடைப்பட்டொத்தலான வகையீடு' (பீரியாடிக் கிளாஸிபிகேஷன்-Periodic Classification) எனப்படுகின்றது. அவ்வகையீடு முறையையொட்டி, தொகுக்கப்பட்டவாறு 92 அடிப்பண்டங்களின் பெயர்களையும், அவற்றின் தன்மைகளையும்பற்றிச் சுருக்கமாயும் கூறலாம்,

நிகரிடைப்பட்டொத்தலான வகையீடு

நீரயம் (நீ)

Hydrogen [H]

இது மற்ற எவ்வடிப்பண்டத் தொகுதியிலும் அடங்காதது. இது ஒரு வாயு. சுலபமாய்த் தீப்பற்றிஎரியும். ஆகாயக் கப்பல்களையும் புகைக்கூண்டுகளையும் நிரப்பப் பயன்படுவது. உலகிலுள்ள ஒவ்வொரு பிராணியிலும் பயிரிலும் இவ்வாயுவைக்கொண்ட தாளம் (காம்பவுண்டு) இருந்தே தீரும்.

தொகுதி O.

பரிதியம் (ப-He) (Helium)
புதியம் (பு-Ne) Neon)
மடியம் (ம-A) (Argon)
மறையம் (மறை-ke) (Krypton)
விந்தையம் (வி.xe) Xenon)

இவையெல்லாம் வாயுக்கள். இவை ஒன்றுடனொன்றாவது, மற்ற அடிப்பண்டங்களுடனாவது ஐக்கியமாகா. எனவே, இவற்றைக் கொண்ட தாளங்கள் (காம்பவுண்டுகள்) இல்லை. இவ்வாறு தாளமில்லா அடிப்பண்டங்கள் இவை மட்டுமே. பரிதியம் (ஹீலியம்) ஆகாயக் கப்பல்களை நிரப்பப் பயன்படுவது. புதியம் (நியான்) ஒருவகை மின்விளக்கில் நிரப்பப்படுவது. மடியமும் (ஆர்கானும்) இவ்வகையிலேயே பயன்படுவது. மற்ற இரண்டும் கிடைத்தலே அரிது.

தொகுதி I-A

கல்லியம் (க-Li) Lithium)
அமளியம் (அ-Na) (Sodium)
சாம்பாம் (சா-k) (Potassium)
சிவப்பியம் (சி-Ru) Rubidium)
பாசியம் (பா-Cs) (Caesium)

இவையெல்லாம் உலோகங்கள். ஆயினும் அவை கடினமானவையன்று. எளிதில் உருகிவிடுகின்றவை. அவை, உலோகங்களைத் தவிர மற்ற அடிப் பண்டங்களுடன் வேட்கையுடன் ஐக்கியமாகும் தன்மையானவை. எனவே, அவை வெளியிடத்திட்டபோது காற்றுடன் ஐக்கியமாவதற்கென எரிகின்றன. நீரில் போட்டபோது அதிலுள்ள ஆக்ஸிஜனுடன் ஐக்கியமாகின்றன. இவ்வடிப் பண்டகங்கள் அதிகமாய்ப் பயன்படுபவை அன்று. ஆனால் அவையுள்ள தாளங்கள் அதிகமாய் உபயோகப்படுகின்றன. சாதாரண உப்பும், சோடா உப்பும், கல்லுப்பும் இன்னும் பலவும் இவற்றின் தாளங்களே.

தொகுதி II-A

கோமேதகயம் (கோ. Be) (Beryllium)
காந்தயம் (கா-Mg) (Magnesium)
சுண்ணயம் (சு. Ca) (Calcium)
அருணமயம் (அரு-Sr) (Strontium)
பாரயம் (பார-Ba) (Barium)
கதிரியம் (கதி-Ra) Radium)

இவையும் உலோகங்களே. தனித்த வகையில் பயன்படாதவை. மற்ற உலோகங்களுடன் ஐக்கியமாகாதவை. உலோகமல்லாத அடிப்பண்டங்களுடன் ஐக்கியமான போதான தாளங்கள் உபயோகமானவை. அவை காற்றில் வெண் ஜோதியுடன் எரிகின்றன. சுண்ணாம்பு கிளிஞ்சில், சலவைக்கல், கால்ஷியத் தாளங்கள். நமது எலும்பிலுள்ள முக்கியமான பொருள் கால்ஷியம் பாஸ்பேட். ரேடியம் கதிர்வீச்சு இயலினது.

தொகுதி II-B

போராயம் (போரா-B) (Boron) — போராக்ஸ்ஸோப்-போரிக் பவுடர் என்றவற்றின் உபயோகத்தை எல்லோரும் அறிவர்.

சீனயம் (சீ-Al) (Aluminium) — அலுமினியம் எல்லோருக்கும் புழக்கமானது.

வாரணியம் (வா-Ga) Gallium) — வாரணியமும் இந்தியமும் அரிதாய்க் கிடைப்பவை.

இந்தியம் (இ-In) (Indium)

பச்சையம்(பச்-Th)(Thallium) — பச்சையம் அரிதாயினும், மருந்தாய்ப் பயன்படுகிறது. ஆயினும் அது நச்சு; சமயத்தில் மோசஞ் செய்துவிடும். போரான் தவிர மற்றவை எல்லாம் உலோகங்கள்.

தொகுதி IV-B

கரியம் (கரி-c) (Carbon) — வயிரக்கல் சுத்தமான கரியம். நமது பென்சில்களிலுள்ள கிராபைட்டும் கரியமே. அடுப்புக் கரியும், கட்டைக்கரியும், நிலக்கரியும் கரியமே. உயிர் வாழ்வதற்கு இன்றியமையாத பொருள் ஒவ்வொன்றிலும், கரியம் நீரயம், உயிரியம், என்றவற்றாலான தாளம் இருந்தே தீரும். கரியத்தை அடிப்படையாய்க் கொண்ட பொருள்களே நடைமுதலில் மிகவும் அடிபடும் பொருள்கள். எனவே கரியத்தாளங்கள் (கார்பன் காம்பவுண்டுகள்) என்றவற்றைப் பற்றிக் கூறும் ரஸாயன நூற்பகுதி யொன்று தனியாய் ஏற்பட்டுள்ளது அது 'இயமான வியல் ரஸாயனம்' (ஆர்கானிக்கு கெமிஸ்ட்ரி) என்பப்படுவது. கரியம் உலோகமன்று.

மணலியம் (மண-S) (Silicon) — சுத்தமான அடிப்பண்டம் அரிதாகவே உள்ளது. ஆனல், அதன் தாளங்களான மணல், கற்பாறை, சேறு முதலானவை பலவற்றிலும் உள்ளன.

ஜர்மேனியம் (ஜ-Ge) (Germanium) — மிகவும் அரிதான உலோகம்.

தகரம் (த-Sn) (Tin) — உலகறிந்த உலோகம். தகரக் குவளேயும் தகர டப்பியும் இல்லாத இடம் எது? இப்படி சாதாரணமாய் 'தகரம்' எனப்படுவது, மெல்லிய இருப்புத் தகட்டின்மீது தகர உலோகம் பூசப்படுதலேயாம்.

ஈயம் (ஈ-Pb) (Lead)

நாடறிந்த பொருள். நாமொன்றும் கூற வேண்டாம்.

தொகுதி V-B

வெடியம் (வெ-N) Nitrogen

இது ஒரு வாயு. நம்மைச் சுற்றிலுமுள்ள காற்றில் ஐந்தில் நான்கு பங்கு வீதம் இதுவேயுள்ளது. அதுவுள்ள அம்மோனியா, நைட்ரிக் ஆஸிட் என்ற தாளங்கள் மிகவும் முக்கியமானவை. உயிருள்ள ஒவ்வொன்றும் வெடியத் தாளங்களைக் கொண்டுள்ளது. அது அடிப்பண்ட நிலைமையில் அதிகமாய்ப் பயன் படுவதில்லை. தாளங்கள் முக்கியமானவை.

ஒளிர்தரியம் (ஒ.P) (Phosphorus)

இது விசித்திரமான அடிப்பண்டம். சிவப்பு-மஞ்சள் என்ற இரு தினுசுகளாயிருக்கும். தீப்பெட்டியின் பக்கங்களில் பூசப்பட்ட பொருளில் சிவப்பு பாஸ்பரஸ் உள்ளது. உயிருள்ளவற்றில் எல்லாம் கொஞ்சம் பாஸ்பரஸ் உள்ளது. பாஸ்பரஸ் தாளங்கள் செயற்கை உரங்களில் அதிகமாய் உள்ளன. எனவே, முக்கியமானவை. பாஸ்பரஸ் உலோகமன்று.

அரிதாரயம் (அரி-As) (Arsenic)

இது சற்றுச் சாம்பல் நிறமானது. பார்வைக்கு உலோகம் போன்றது. இது ஆக்ஸிஜனுடன் ஐக்கியமான தாளம் ஆர்ஸீனியஸ் ஆக்ஸைட் வெண்ணிறமானது. அது எலி உபத்திரவம் பொறுக்கமாட்டாத போது அவற்றைக் கொல்லும் விஷமாய் உபயோகிக்கப்படுவது. துப்பறியும் நாவல்களில், வேண்டாதவரைக் கொஞ்சம் கொஞ்சமாய் விஷமேற்றிக்கொல்வதற்காக மாயாவிஸ்த்ரீகளால் உபயோகப் படுத்தப்படுவது. சிறிதளவில் மருந்தில் கலந்து உபயோகப்படுகின்றது. அரிதாரக்கல் எல்லோரும் அறிந்ததே.

அந்தமோனியம் (அந்-Sb) (Antimony)

இது ஒரு உலோகம், ஆனால் சுலபமாய் உதிர்ந்து பொடியாய்விடும். சற்று சாம்பல் நிறமானது. அது அலங்காரத்திற்காக வைக்கப்படும் பொருள்களின்மேல் பூசப்

படுவது. செம்பு, தகரம், என்றவற்றுடன் சேர்ந்த கலப்பு உலோகம் அச்செழுத்துகள் செய்யப் பயன்படுகின்றது.

பிஸ்மயம் (பி-Bi) (Bismuth) இளஞ்சிவப்பு நிறமான உலோகம். அது அதிகமாய்ப் பயன்படுவதில்லை. பிஸ்மத் தாளங்கள் மருந்தில் கலந்து கொடுக்கப் படுகின்றன.

தொகுதி VI-B

உயிரியம் (உ-O) (Oxygen) இது ஒரு வாயு. காற்றில் ஐந்திலொரு பங்கு ஆக்ஸிஜன். ஆக்ஸிஜன் வாயுவின்றி, எப் பிராணியேனும், பயிரேனும் உயிருடனிருக்க முடியாது. நெருப்பு எரியாது. ஆக்ஸிஜன் மற்ற அடிப்பண்டங்களுடன் சுலபமாய் ஐக்கியமாவது. நீரில், ஒன்பதில் எட்டு பங்கு ஆக்ஸிஜன் உள்ளது. பாறைகள், கற்கள், மணல்-இவற்றிலும் அரைப்பங்குக்கு அதிகமாய் ஆக்ஸிஜன் உள்ளது. உலகிலுள்ள ஒவ்வொரு பொருளையும் ரஸாயனப் பரிசோதனை செய்து, ஒவ்வொன்றிலுமுள்ள அடிப்பண்டங்கள் எவையென்று கண்டுக் கணக்கிட்டால், ஆக்ஸிஜனைக் கொண்ட பொருள்களின் தொகை, மற்றவை முறையே உள்ளவற்றினிதை விட அதிகமாயுள்ளது. அதாவது, உலகத்தில் மிகப் பொதுவாயுள்ள அடிப்பண்டம், ஆக்ஸிஜன், எனலாம்.

கந்தகம் (கந்-S) (Sulphur) மஞ்சள்நிறக் கந்தகத்தை எல்லோரும் கண்டிருப்பார்கள். அதன் தாளங்களான கந்தகத் திராவகம் (ஸல்ப்யூரிக் ஆஸிட், முதலானவை) முக்கியமானவை. உயிருள்ள எல்லாவற்றிலும் கொஞ்சம் கந்தகம் உண்டு. இது உலோகமன்று.

சிலாவியம் (சி-Se) (Selenium) இது அரக்கு நிறமனது; விசித்திரமான தன்மையுடனுள்ளது. இருட்டிலுள்ளபோது அதனூடே மின்சாரம் செல்லாது. ஒளி அதன் மீது படும்போது மின்சார ஓட்டமேற்படும். ஒளியின் பிரகாசத்திற்கேற்றவாறு அவ்வோட்டத்தினளவு வேறுபடும். இது ஒரு உலோகம்.

தாணியம் (தா-Te)(Tellurium) மிக அரிதான உலோகம்.

போலந்தியம் (போ-Po) (Polonium) இது கதிர்வீச்சியலானது. இதுவரை மிகச் சிறிதளவே கிடைத்துள்ளது. அதன் தன்மைகளை அறிய அது போதாது. ஆயினும் அது வீசுகின்ற கதிர்களின் உளவைக்கொண்டு பல அளவைகள் செய்யப்பட்டுள்ளன.

தொகுதி VII-B

பாறவியம் (பாற-F) (Fluorine) இது மஞ்சள் நிற வாயு. மற்ற அடிப்பண்டங்களுடன் கடும் வேகத்துடன் ஐக்கியமாகும். ஆதலின் தான்பட்டவற்றை அரித்தாவது எரித்தாவது விடும்.

பசுமையம் (பசு-Cl.) (Chlorine) இது மஞ்சள் கலந்த பச்சை நிறமானது. அதன் மணம் மூக்கைத் துளைத்துவிடும். அது மூக்கில் ஏறினால், தொண்டையை உறுத்தும். நுரையீரலைத் துளையிட்டு நாசஞ் செய்துவிடும். அது, துணிகளை வெளுக்கச் சலவைத் தொழிலில்பயன்படுவது. அதைக்கொண்டுள்ள 'சலவைப்பொடி (பிளீச்சிங்கு பவுடர்) என்ற தாளம் அவ்வாறு பயன்படுவது. தோற்பதனிடும் தொழிலிலும் குளோரின் தாளங்கள் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. இன்னும் பல ரஸாயனத் தொழின் முறைகளிலும் அது பயன்படுகின்றது. கிருமி நீக்கி (ஆண்டிஸெப்டிக்) என்ற வகையில் வைத்தியத்தில் பயன்படுகின்றது. சாதாரண உப்பு குளோரின் தாளம்.

நாறியம் (நா-Br.) (Bromine) இது கறுஞ்சிவப்பு நிறமான திரவம். ஆவியாகும்போது மிகவும் நாற்றமெடுக்கும்; அந்நாற்றம் குடலைப் பிய்த்துக்கொண்டுபோகும். அது ரஸாயன தொழிற்சாலைகளில் பயன்படுகின்றது.

ஊதாயம் (ஊ-I) (Iodine) இது கறும் ஊதா நிறத்துடன் பள பளப்பாயிருக்கும். சூடேற்றினால் திரவமாய் உருகாது. ஆவியாய்விடும். ஆவி கண்ணைக் கவரும் ஊதா நிறமாயிருக்கும். ஆனால், அதன்

மணத்தைப் பொறுக்கமுடியாது. தொண்டையை உறுத்தும். அது 'ஆல்கோஹால்' என்ற சாராயத்தில் கரைக்கப்பட்டு 'டின்சர் ஆப் அயோடின்' என்ற வகையில் வைத்தியத்தில் மிகவும் கையாளப்படுகின்றது. இது உலோகமல்ல.

தொகுதி III-A

ஸ்கந்தேயம் (ஸ்-Sc) (Scandium)
இட்டரியம் (இட்-Y) (Yttrium)
பதுங்கியம் (பது-La) (Lanthanum)
பதினான்கு அரிதான அடிப்பண்டங்கள் அவற்றின் பெயர்கள் கூட முக்கியமன்று
ஆள்வினையியம் (ஆ-Ac) (Actinium)

இவை யெல்லாம் மிகவும் அரிதான உலோகங்கள். 'ஸ்கேண்டினேவியா' என்ற தீபகற்பம் ஐரோப்பாவிலுள்ளது. 'இட்ரியா' என்பது ஸ்கேண்டினேவியன் தீபகற்பத்திலுள்ள நாடுகளில் ஒன்றான ஸ்வீடனில் உள்ளது. அவ்வரிதான உலோகங்கள் அந்நாடுகளில் அகப்பட்டமையின், அவ்வாறு பெயரிடப்பட்டன. 'லாந்தானோ' என்ற கிரேக்க சொல்லுக்குப் 'பதுங்கல்' என்று அர்த்தம். அவ்வுலோகம் நெடுங்காலம் பதுங்கியிருந்தமையின், அவ்வாறு பெயரிடப்பட்டது.

தொகுதி IV-A

தைத்தனியம் (தை-Ti) (Titanium)
பத்மாராகமியம் (பத்-Zn) (Zirconium)
ஹாப்னியம் (ஹா-Hf) (Hafnium)
தோரியம் (தோ-Th) (Thorium)

தைத்தன்னியர் என்ற ஒருவகை அசுரரைப் பற்றி கிரேக்க புராணங்களில் வர்ணிக்கப்பட்டுள்ளது. அவர்கள் சூரிய புத்திரர்களாம். தைத்தன்னியம் என்ற அடிப்பண்டம் சூரியனில் உள்ளது என முதலாய்க் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. எனவே, அப்பெயரிடப்பட்டது. பத்மாராகக்கல் ஜிர்கோனியா என்ற நாட்டினின்று வருவது. அந்நாட்டில் முதன் முதலாக ஒரு அடிப்பண்டம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. அதனால், அதற்கு 'ஜிர்கோனியம்' என்று பெயரிடப்பட்டது. அம்முறையை யொட்டியே, டென்மார்க்கிலுள்ள ஹாப்னியாவில் கண்டுபிடிக்கப் பட்டதற்கு ஹாப்னியம் என்று பெயரிடப்பட்டது. 'நார்வே' ஸ்காண்டினேவியாவிலுள்ளது. ஸ்கேண்டினேவியப் புராணங்களில், 'தார்' என்ற தெய்வம், நமது இந்திரனைப் போன்று வேளாண்மைக்கும், மழைக்கும், இடிக்கும்,

போருக்கும் அதிபதி, என்று கூறப்பட்டுள்ளது. அதை யொட்டி நார்வேயில் ஒரு மாகாணம் 'தோரியா' என்றுள்ளது. அம் மாகாணத்தில் கருநிறமான களிப்பொருள் ஒன்று அகப்பட்டது. அதற்கு 'தோரியம்' எனப் பெயரிடப்பட்டது. காஸ்லேட், பெட்ரோமாக்ஸ் லேட் முதலானவற்றில் மிகுதியாய்ப் பயன்படுகின்ற மாண்டில்கள் தோரிய ஆக்ஸைடில் தோய்த்தெடுக்கப் பட்டவை. இத்தொகுதியிலுள்ளவை எல்லாம் உலோகங்களே.

தொகுதி V-A

வனதியம் (வ-V) (Vanadium)
நியோபியம் (நியோ-Nb) (Niobium)
டான்டேலம் (டா-Ta) (Tantalum)
பிரதம ஆள்வினைபி (பிர-Pa) (Proto-Actinium)

இவையும் அரிதான உலோகங்களே, டாண்டாலம் மிகவும் உரமானது. அது மிகுதியாய்க் கிடைத்தால் நமது கருவிகள் எல்லாம் அதனாலேயே செய்யப்படும். வனதியம் எஃகுடன் உருக்கப்பட்டு 'வனதிய எஃகு' என்ற உறுதியான உலோகமாய்ப் பயன்படுகின்றது. இது கூர் மழுங்காத பதவன்மை (டெம்பர்) கொண்டது. 'வனதிஸ்' ஸ்கேண்டினேவிய புராணத்தேவதை. நியோபி கிரேக்க புராணக் கதைகள் ஒன்றில் வருகின்ற நல்லதங்காள் போன்ற கதாநாயகி. 'டாண்டலஸ்' கிரேக்க புராணத்தவர். சூரிய வெளிச்சம் பட்டால் கறுப்பாகும் பொருள்கள் உள. அவை ஆக்டினிக்கானவை எனப்படுகின்றன. அவ்வாறுனவற்றில் முதன்முதலாய்க் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது, புரோடோ ஆக்டினியம் எனப் பெயரிடப்பட்டது.

தொகுதி VI-A

கிறமியம் (கிற-Cr) (Chromium)

சமீப காலம் வரை இவ்வுலோகம் கிடைத்தல் அரிதாயிருந்தது. ஆனால், அது இப்பொழுது சாதாரணமாய் வழங்கி வருகின்றது. அதன் நீலம் பாய்ந்த பளபளப்பான வெண்ணிறத்தைப் போற்றுதவர் இல்லை. அதன் பளபளப்பு மங்காது நெடுங்காலம் வரை இருக்கும். கடினமானதும் கூடவானதால் அதில் இற்றுக்

	கோடுகளும் உராய்ப் பள்ளங்களும் தோன்றுவதில்லை. நிறமியத்தாளங்கள் பல சாயச் சரக்குகளில் பயன்படுகின்றன.
மாலிய பதனியம் (மா-Mo) (Molybdenum)	இது கிடைப்பது அரிது. கொஞ்சத்தில் உருகாது. மின்சார விளக்குகளிலுள்ள பிலமண்டு இவ்வுலோகத்தினாலான கம்பிகளினின்றே தொங்கவிடப்பட்டவை. இதைச் சேர்த்து உருக்கிய எஃகுத்தகடுகள், அவ்வெடையேயுள்ள மற்றவகை எஃகுத்தகடுகளை விட உறுதியானவை. எனவே வேகமாய்ச் செல்லவேண்டிய வண்டிகள் மாலி பதனீய எஃகுத்தகடுகளினாலேயே செய்யப்படுகின்றன.
துவர்துங்கக் கல்லம் (து-W) (Tungsten)	இது மிகவும் உரமானது. 3360°c என்ற கடுஞ் சூட்டுக்குட்பட்ட போதே உருகுகின்றது. இது மின்சார விளக்குகளிலுள்ள பிலமண்டுகளைச் செய்யவும், எக்ஸ். ரேக் குழாய்களில் இலக்குத் தட்டு (டார்ஜட்) செய்யவும் பயன்படுகின்றது.
யூரேனியம் (யூ-U) (Uranium)	இது உலோகமாய்ப் பயன்படுவதில்லை. ஆனால் இதன் தாளங்கள் மீது கட்புலனாகா வெளிபடும்போது அது கட்புலனாம் ஒளியாய் ஆகின்றது. கதிர்வீச்சியல் அடிப்பண்டங்களுடன் தொடர்பு கொண்ட வகையானது. இது அவற்றின் 'முன்னோன்' எனப்படுகின்றது.
தொகுதி VII-A மங்கனம் (மங்-Mn) (Manganese)	இது உலோகம். ஆனால் தனி உலோகமாய்ப் பயன்படுவதில்லை. அதனுடன் சேர்த்துருக்கப்பட்ட எஃகு பயன்படுகின்றது. பொடாஷியம் பர்மாங்கனேட் என்ற விஷ மாற்றுப் பொருளில் 'மாங்கனீஸ்' உள்ளது.
நிறைமியம் (நிறை-Ma) (Masurium)	இதைப் பற்றி ஒன்றும் தெரியாது. இது வரை கிடைத்துள்ள அளவு மிகச் சொற்பம்.
இரீனியம் (இரீ-Re) (Rhenium)	இதுவும் ஒரு புது உலோகம். 'ரைன்' என்றது ஜர்மினியிலுள்ள பேராறு.

தொகுதி VIII	
இரும்பு (இரு-Fe) (Iron)	இரும்பை யறியாதவருண்டா? அதன் தாளங்களும் பொதுவாய் உபயோகப்படுகின்றவையே. இரும்பின்றி உயர் ஜந்துக்கள் உயிர் வாழமுடியாதன.
கூளியனியம் (கூ-Co) (Cobalt)	இது ஒரு உலோகம். அதிகமாய் உபயோகப் படுவதில்லை. கண்ணாடி, பீங்கான் பாத்திரங் களுக்கு நிறமேற்றப் பயன்படுகின்றது,
செம்பேய்த்தாம் (செ-Ni) (Nickel)	இது தகடுப் பூச்சுக்குதவுவது. குரோமியம் உபயோகத்திற்கு வருவதற்கு முன் இவ் வுலகமே அவ்வகையில் அதிகமாய் உபயோகிக் கப்பட்டு வந்தது.
இருதீனியம் (இம்-Ru) (Ruthenium) இராகமியம் (இரா-Rh) (Rhodium) பல்லுடுவியம் (பல்-Pl) (Palladium) ஆமோதயம் (ஆமோ-Os) (Osmium) இந்திரதனுயம் (இந்-In) (Iridium) வெண்டாதுளம் (வெண்-Pt) (Platinum)	இவை சாம்பல் நிறமான கடின உலோகங்கள். பல்லுடுவியம் நகைகள் செய்யச் சில சமயங் களில் பயன்படுகின்றது. வெண்டாதுளம், இந்திரதனுயம் என்றவை நன்கு காய்ச்சப் பட்டபோதும் ஒளி மங்காதவை. அவை மற்ற ரஸாயனப் பொருள்களுடன் சுலபமாய் ஐக்கியம் ஆகாதவை. இவ்வுலோகங்கள் எல்லாம் அரிதானவை, ஆதலின் அதிக விலை யானவை.
தொகுதி I-B	
செம்பு (செம்-Cu) (Copper)	எல்லோரும் அறிந்ததே. பாத்திரங்கள் செய்ய மிகவும் பயன்படுவது. மின்சார ஓட்டத்திற் கேற்றது. மின்சாரத் தொழிலில் அதிகமாய்ப் பயன்படுகின்றது.
வெள்ளி (வெள்-Ag) (Silver)	வெண்மையின் அறிகுறியாய் போற்றப்படு வது. அதன் உபயோகத்தை எல்லோரும் அறிவர்.
பொன் (பொ-Au) (Gold)	முதன் முதலாக, உலோகமாகவே கிடைத் தது. அதன் அழகுக்காக உத்தம உலோக மென உயர்வடைந்தது. ஒளி மங்காதது; கடினமானது. ஆயினும், அது மக்களிடை

பண்டமாற்று முறைக்கு வசதியான நாணய மாகவும், நகைகள் செய்யவும், ஈட்டி வைத்துக் கொள்ளவுமே, வழங்கிவந்துவிட்டது. ஆத லின், அது நேரே பயனுறு வகைகளிலுதவாது விலை மதிப்பான பொருளென ஆய்விட்டது.

தொகுதி II-B

துத்தநாகம் (துத்-Zn) Zinc

புவியியலியம் (புவி-Cd) (Cadmium)

பாதரஸம் (ரஸ-Hg) (Mercury)

துத்தநாகம் தகடுகளாய்ப் பல வகைகளில் பயன்படுகின்றது. இரும்புத் தகடுகள் துத்த நாக மேற்பூச்சுடன் உபயோகிக்கப் படுகின் றன. புவியியலியம் அரிதான உலோகம். பாதரஸம் செறிவுமிக்கத் திரவம். அது பல வகைகளில் தெரியற்செய்கைச் சோதனைச் சாலைகளில் பயன்படுகின்றது.

மேற்கூறப்பட்டவற்றுடன், ரேடான் (Radon) என்ற, சற்றுநேரத்திற்கே நிலைக்கும் அடிப்பண்டத்தையும் சேர்க்கவேண்டும். அப்பொழுது, இதுவரை கண்டுபிடிக்கப்பட்ட அடிப்பண்டங்களின் தொகை தொண்ணூறாகும், எனக் காண்போம். இன்னும் கண்டுபிடிக்கப்படாத இரண்டு உள்ளன.

இனி மேற்கூறப்பட்டவாறான வகையீடு முறை ஏற்பட்ட வழியைப் பற்றிக் கூறலாம். ஒவ்வொரு பொருளும் அதனதன் மூலத்துகள்கால் (மாலிக் யூல்களால்) ஆனது, என முன்னரே கூறியுள்ளோம். அவ்வாறான மூலத்துகள் (மாலிக்யூல்) ஒன்றின் நிறை, அது எப்பொருளின் மூலத்துகள் (மாலிக்யூல்) என்பதைப் பொறுத்திருக்கும். இரும்பு மூலத்துகளின் (மாலிக்யூலின்) நிறை பொன் மூலத்துகளின் (மாலிக்யூலின்) நிறையினின்று வேற்றளவானதாய் இருக்கும். அவ்வாறே, ஒவ்வொரு பொருளின் மூலத்துகள் நிறை (மாலிக் யூலர் வெயிட்) அதனதற்கானதொன்றாய் இருக்கும். மூலத்துகள் (மாலிக்யூல்) ஒன்று மிகமிக நுணுக்கமானது, என முன்பே கூறியுள்ளோம். ஆதலின் தனித்த ஒரு மூலத்துகளின் (மாலிக்யூலின்) நிறையை அளவிடல் அசாத்தியம்.

மூலத்துகள் நிறை

எனவே, ஹைட்ரஜன் வாயுவின் மூலத்துகள் நிறை (மாலிக்யூலர் வெயிட்) '2' என்ற எண்ணளவாய்க் கொண்டு, மற்ற பொருள்களின் மூலத்துகள் நிறைகள், ஒப்புவீத (Proportion) முறையை யொட்டிக் கணக்கிடப்படுகின்றன. இம் முறையையொட்டி, பல பொருள்களின் மூலத்துகள் நிறைகள் அளவிடப்பட் டன. அதன்பிறகு, இரண்டு அடிப்பண்டங்கள் (எலிமெண்டுகள்) ரஸாயன ஐக்கியமாகும்போது, ஏற்படுகின்ற மூன்றாவதான பொருளின் மூலத்துகள் நிறை, அதில் சேர்க்கப்பட்டுள்ளனவான அடிப்பண்டங்களின் மூலத்துகள் நிறை களின் கூட்டு நிறையுடன் ஒத்திருக்கின்றதா, இல்லையா, எனப் பரிசீலனை

செய்யப்பட்டது. அவ்வாறு பல பரிசீலனைகள் செய்யப்பட்டபோது, சில அடிப் பண்டங்கள் ஐக்கியமாகும்போது தாளமாய் ஏற்பட்ட பொருளின் மூலத்துகள் நிறை அடிப்பண்டங்களான பொருள்களின் மூலத்துகள் நிறைகளின் கூட்டு நிறையுடன் நிகராளவாயிருந்தது; மற்ற சில அடிப்பண்டங்கள் ஐக்கியமான போது, கூட்டுநிறை, தாளத்தின் மூலத்துகள் நிறையினின்று வேற்றளவானதா யிருந்தது, இன்னுஞ் சில அடிப்பண்டங்கள் இரண்டு, ஐக்கியமானபோது, பிர மேயத்திற் கேற்றவாறு, இரண்டு, மூன்று வேறே வகையான தாளங்கள் ஏற் பட்டன எனவும் காணப்பட்டது. இவற்றில், ஒரு தாளத்தின் நிறை அடிப்பண் டங்களின் மூலத்துகள் நிறைகளின் கூட்டுநிறைக்கு நிகராயிருந்தது; மற்றவை அவ்வாறில்லை. ரஸாயனச் சிதிலம் நடைபெறும்போதுங்கூட, மேற்கூறப்பட்ட தைப் போன்றவாறே, மாறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன, எனக் காணப்பட்டது. பல பொருள்களைக் கொண்டு ரஸாயன மாற்றங்களை யொட்டிய பரிசீலனைகள் செய்து பார்த்தபோது, தாளங்களிலிருந்த அடிப்பண்டங்களின் நிறை, அவற் றின் மூலத்துகள் நிறையாக வாயினும், அன்றி, அவற்றின் மூலத்துகள் நிறை யின் தாழ்மடங்கு (Sub multiple) நிறைகளாகவாயினும் (அதாவது, மூலத்து கள் நிறையில் அரைப் பங்கு, மூன்றிலொரு பங்கு, காற்பங்கு, இன்னோன்ன வாறு) இருக்கின்றன, என அறியப்பட்டது. அதனின்று ரஸாயன ஐக்கியம் நடைபெறும்போது, அடிப்பண்டமொன்றின் மூலத்துகளைவிட நுணுக்கமான கூறுகள் எற்படலாம் எனத் தெளிவாயிற்று. ஆகவே, அடிப்பண்டங்கள் தனிப்பட்டவாறு இருக்கும்போது, அவை, அவ்வவற்றின் மூலத்துகளை விட நுணுக்கமானவாறு இருக்கமுடியாது எனவும், அவ்வடிப்பண்டங்களே தாளங் களில் அமைந்துள்ளபோது, மூலத்துகள் நிறையின் தாழ்மடங்கான நிறையுட னுன கூறுகளாய் இருக்கலாம் எனவும் முடிவுகட்டப்பட்டது. மேலும் பரி சிலனைகள் செய்து பார்த்தபோது, அத்தாழ்மடங்கு பின்ன எண்ணும் ஓரளவை விடக் குறையவில்லை எனக் காணப்பட்டது. அதாவது ரஸாயன ஐக்கியம் நடைபெறும்போது, மூலத்துகள் வரையின்றி பின்னப்பட்டுக்கொண்டே போகாதெனவும், அவ்வாம்பு பின்னத்திற்கான நிறையை விடக் குறைந்த நிறை யானவாறு அடிப்பண்டம் இருக்காது எனவும் ஏற்பட்டது. ஆகவே எந்நிலை மையிலும் அடிப்பண்டம் ஒன்றினது நிறை அதற்கென் றுனதோர் அளவைவிடக் குறைவுபடாது எனத் தீர்மானமாயிற்று. அவ்வறச் சிறிதளவான அடிப் பண்டக் கூறு 'அணு' (ஆடம்-Atom) எனப் பெய ரிடப்பட்டது. எனவே, அடிப்பண்டம் ஒன்று தனிப்பட்ட நிலைமையில் மூலத் துகளைவிடச் சிறிதாய் இருக்காது எனவும் எந்நிலைமையிலும், அணுவை விடச் சிறிதாய் இருக்காது எனவும் தெளிவாகின்றது. அவ்வாறுன அணு வொன் றின் நிறை 'அணுநிறை' (அடாமிக் வெயிட்-Atomic Weight) எனப் படுகின்றது. எனவே, ஒவ்வொரு அடிப்பண்டத்திற்கும் அதனதற்கென்றுன

அணுவும் அணு நிறையும்

மூலத்துகள் நிறையும், அதனதற்கென்றான அணுநிறையும் ஏற்பட்டுள்ளன. இதைத் தவிர, ஒவ்வொரு அடிப்பண்ட மூலத்துகளும், அதனதற்கென்றானவாறு ஒன்றோ, இரண்டோ, பலவோ ஆன அணுக்களைக் கொண்டவாறானது. ஒரே அணுவைக் கொண்ட மூலத்துகள்கள் அமைந்த பொருளின் மூலத்துகள் நிறையும் அணுநிறையும் ஒரேயளவாயிருக்கும். அடிப்பண்டங்களுட்பட ஒவ்வொரு பொருளுக்கும் அதனதற்கென்றான மூலத்துகள் நிறை முறையே ஏற்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொருபொருளின் மூலத்துகள் நிறையும் அதிலுள்ள அடிப்பண்டங்களின் அணுக்களது மொத்த நிறையும் நிகராயிருக்கும். இரண்டு ஹைட்ரஜன் அணுக்களையும் ஒரு ஆக்ஸிஜன் அணுவையும் கொண்டது நீரின் மூலத்துகள் ஒன்று. அதன் மூலத்துகள் நிறை 18. ஆக்ஸிஜன் அணு நிறை 16. ஹைட்ரஜன் அணுநிறை 1. ஆகமொத்தம் 18.

மேற்கூறப்பட்ட முடிவகள் ரஸாயன தெரியற்செயற்கையோர் பலராலும் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டு, ரஸாயன தெரியற் செய்கையின் அடிப்படையான விதிகளாய் (Laws) நிலை நாட்டப்பட்டன. அவை நிறுவப்பட்டபின், அத்தெரியற் செய்கையோர் மும்முரப்பட்டு, பல பொருள்களின் மூலத்துகள் நிறைகளையும், பல அடிப்பண்டங்களின் அணுநிறைகளையும் அளவிடலாயினர். இப்படிப் பல்லோராலும் செய்யப்பட்ட அளவைகளைக் கொண்டு, ஒவ்வொரு அடிப்பண்டத்திற்குமான அணுநிறை நிர்ணயிக்கப்பட்டது. நிர்ணயமான அணுநிறைகள் அறியப்பட்டபின், அணுநிறைகளும், அடிப்பண்டங்களின் தன்மைகளும் எவ்வாறான தொடர்புடனுள்ளன என்பதை அறியும் பொருட்டு ஆராய்ச்சிகள் செய்வதில் அத்தெரியற் செய்கையோர் முனைந்தனர். அவ்வாராய்ச்சிகளின்போது, அவர்கள், அடிப்பண்டங்களை, அவற்றின் அணுநிறைகள் படிப்படியாய் அதிகப்பட்டு வருமாறான வரிசைக் கிரமத்தில் அமைத்தனர். அப்படி நிரல் செய்தபோது அணுநிறைகளும் அடிப்பண்ட இயல்களும் எவ்வாறான தொடர்புடனுள்ளவை, என்பது, காணப்பட்டது.

அணுப்பண்ட இயல்களுக்கும் நிறைகளுக்குமான தொடர்பு காணல்

அவ்வரிசையில் மூன்றாவதாய் இருந்த லிதியமும், பதினொன்றாவதாய் இருந்த ஸோடியமும், பத்தொன்பதாவதாயிருந்த பொடாஷியமும் முப்பத்தைந்தாவதாயிருந்த ரூபீடியமும், ஐம்பத்தொன்றாவதாயிருந்த ஸீஸியமும், ஒத்த தன்மையினவாய் இருந்தன, எனத் தெரியவந்தது. முதலில் ஏழு அடிப்பண்டங்கள் (எலிமண்டுகள்) இடைப்பட்டும், பிறகு பதினைந்து அடிப்பண்டங்கள் (எலிமண்டுகள்) இடைப்பட்டும், அமைந்துள்ள அடிப்பண்டங்கள் (எலிமண்டுகள்) ஒத்த தன்மையினவை எனத் தெளிவாயிற்று. இம்முறையையொட்டியவாறே, எல்லா அடிப்பண்டங்களும், முறையே, அவற்றின் அணுநிறையைப் பொறுத்தவாறான தொடர்புடன் இருந்தன. அதாவது, முதல் வரிசைகளில் ஏழும், பின் வரிசைகளில் பதினைந்தும் இடைப்பட்டவாறு,

அடிப்பண்டங்களது தன்மைகளின் 'ஒத்தப்பாடு' (ஸிமிலாரிடி–Similarity) அணுநிறைகளின் வரிசைக் கிரமத்துடன் தொடர்பு கொண்டிருந்தது. எனவே, அத்தெரியற்செய்கையோர், அதற்கேற்றபடியான 'நிகரிடைப்பட்டொத்தல் வகையீடு முறை' (பீரியாடிக் கிளாஸிபிகேஷன்–Periodic classification) என்ற முறையை யொட்டி அடிப்பண்டங்களைப் பல தொகுதிகளாய் வகையீடு செய்தனர். எதுவொன்றும், காலவளவை யொட்டியாயினும், தூரவளவை யொட்டியாயினும், வேறு எவ்வகையளவை யொட்டியாயினும் இடைப்பட்ட வாறு மீண்டும் மீண்டும் நேரிடுவதற்கு, 'இடைப்பாடு' (பீரியாடிஸிடி–Periodicity) என்று பெயர். நாம் தினந்தோறும் வேளை தவறாமல், காலை பத்து மணிக்கு சாப்பிடுதல், என்பது, 'இடைப்பாடு' முறையை யொட்டியே யானது. அவ்விடைப்பாட்டின் அளவு சீராய் இருந்து வந்தால் அது 'நிகரி டைப்பாடு' ஆகும். ரஸாயன தெரியற்செய்கையோர் அவ்வாறான நிகரிடைப் பட்ட முறையை யொட்டி, தங்கள் அடிப்பண்டங்களை வகையீடு செய்தனர். பின் அதைத் தெளிவுறக் காணும் பொருட்டு, அம்முறையை யொட்டி அணு வகுத்தவற்றைக் கோடிட்டுக் காட்டுகின்ற (டாப்யூலேடட்–Tabulated) வரிப்படத்தில் (டயாக்ரத்தில்–Diagram) அமைத்தனர். அவ்வாறமைக்கப் பட்ட, 'கோட்டுக்கட்டம்' (டேபிள்–Table) 'நிகரிடைப்பட்டொத்தல் வகை யீடு கோட்டுக்கட்டம்' (Periodic classification table) எனப்படுகின்றது. அப்பெயர் சுருக்கப்பட்டு, 'நிகரிடைப்பட்டொத்தல் கோட்டுக்கட்டம்' (பீரியாடிக் டேபிள்–Periodic table) எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றது. அதை அடுத்த பக்கத்தில் காட்டியுள்ளோம்.

அடிப்பண்டங்களை வகையீடு செய்தல், என்ற பெரும் பணியை வெற்றி கரமாய்ச் செய்து நிறைவேற்றியபின், அத்தெரியற் செய்கையோர் தூக்கத் திலாழவில்லை. ரஸாயன மாற்றங்களை வகையீடு செய்தல், என்ற அரும் வேலையைச் செய்ய முற்பட்டனர். முதலில் எவ்வெவ்வடிப் பண்டங்கள், முறையே, வேறு எவ்வெவ்வடிப்பண்டங்களுடன் ஐக்கியமாகும், எவ்வெவற்றுடன் ஆகாதன, என வகைப்படுத்தினர், இம்முறையை யொட்டி அடிப் பண்டங்களை இரு பெருந் தொகுதிகளாய் வகையீடு செய்யலாம். ஒரு தொகுதியிலுள்ளவை 'உலோகங்கள்'; மற்றொரு தொகுதி யிலடங்கியவை, 'உலோகங்களல்லாதவை.' இப்படியும் அப்படியுமாகவுள்ள அடிப்பண்டங்கள் சிலவும் உள்ளன. உலோகங்கள் மட்டுமே ஐக்கியமான தாலான தாளங்கள் இல்லை. உலோகங்களல்லாதவை, ஒன்றுடனொன்றாயினும், பலவாகவாயினும் ஐக்கியமானதாலான தாளங்கள் (காம்பவுண்டுகள்) உண்டு. உலோகங்களும் உலோகங்களல்லாதவையும் ஐக்கியமான தாளங்களும் உண்டு, ஆயினும் எல்லா உலோகங்களல்லாதவையும், முறையே ஒன்றுடனொன்று

ரஸாயன மாற்றங்களின் வகையீடு

அணுவெண்	தொகுதிகள்							
	I *a*	II *a*	III *a*	IV *a*	V *a*	VI *a*	VII *a*	
எண் 1—2 நிறை	1 நீரயம் Hy- drogen 1							
எண் 3—10 நிறை	3 கல்லி யம் Lithi- um 7	4 கோமே தகயம் Bery- llium 9						
எண் 11—18 நிறை	11 அமளி யம் Sodi- um 23	12 காந்த யம் Magne- sium 25						
எண் 19—36 நிறை	19 சாம்ப ரம் Potas- sium 40	20 சுண்ண யம் Cal- cium 42	21 ஸ்கந் தேயம் Scan- dium 45	22 தைத்த னியம் Tita- nium 48	23 வனுதி யம் Vana- dium 51	24 நிறமி யம் Chro- mium 52	25 மாங்க னம் Man- ganese 55	26 இரும்பு Iron 56
எண் 37—54 நிறை	37 சிவப்பி யம் Rubi- dium 86	38 அருண மயம் Stron- tium 88	39 இட்ட ரியம் Yttri- um 89	40 பதுமரா கமியம் Zirco- nium 91	41 நியோபி யம் Nio- bium 93	42 மலீயப த னியம் Molyb- denum 96	43 நிறை மியம் Mau- surium —	44 இருதீ னியம் Ruthe- nium 102
எண் 55—86 நிறை	55 பாசியம் Caesi- um 133	56 பாரயம் Bari- um 137	57 பதங்கியம் Lanth- anum * மற்ற பதினான்கும் 139	72 ஹாப் னியம் Hafni- um 178	73 டாண் டேலம் Tanta- lum 181	74 துவங் தங்கக் கல்லம் tungsten 184	75 இரினீ யம் Rheni- um 186	76 அமோ தயம் Osmi- um 191
எண் 87—92 நிறை	87 அறியப் படவில்லை	88 கதிரியம் Radi- um 226	89 ஆன்வி னையியம் Actini- um 227	90 தோரி யம் Thori- um 232	91 பிரதம ஆன் வினைபி Proto Actinium 233	92 யூரே னியம் Urani- um 238		

தொகுதிகள்

VIII		I *b*	II *b*	III *b*	IV *b*	V *b*	VI *b*	VII *b*	O
									2 பரிதியம் Heli-um 4
				5 போராயம் Boron 11	6 கரியம் Carbon 13	7 வெடியம் Nitro-gen 15	8 உயிரியம் Oxy-gen 17	9 பாறலியம் Fluo-rine 19	10 புதியம் Neon 21
				13 சீனுயம் Alumi-nium 27	14 மணலியம் Sili-con 29	15 ஒளிர்தரியம் Phos-phorus 31	16 கந்தகம் Sul-phur 33	17 பசுமையம் Chlo-rine 35	18 மடியம் Argon 38
27 கூளியனியம் Co-balt 59	28 செம்பேய்த்தரம் Nickel 60	29 செம்பு Copper 64	30 துத்தநாகம் Zinc 66	31 வாரணியம் Galli-um 70	32 ஜர்மேனியம் Germa nium 73	33 அரிதாரயம் Arse-nic 75	34 நிலாவியம் Sele nium 79	35 நாறியம் Bro-mine 80	36 மறையம் Kryp-ton 84
45 இராகமியம் Rhodi-um 103	46 பல்லுடுவியம் Palla-dium 107	47 வெள்ளி Silver 108	48 புவியியவியம் Cadmi-um 112	49 இந்தியம் Indi-um 115	50 தகரம் Tin 119	51 அந்தமோனியம் Anti-mony 122	52 தரணியம் Tellu-rium 126	53 ஊதாயம் Iodine 127	54 விந்தையம் Xenon 131
77 இந்திரதனுயம் Iridi-um 193	78 வெண்டாதுளம் Plati-num 195	79 பொன் Gold 197	80 பாதரஸம் Mer-cury 200	81 பச்சையம் Thalli-um 204	82 ஈயம் Lead 207	83 பிஸ்மியம் Bis-muth 209	84 போலந்தியம் Polo-nium 210	85 அறியப்படவில்லை	86 ரேடான் Radon 222

* இவை பின்வருமாறும்: தானியமியம் (Cerium) - அணு எண்-58, அணு நிறை-140, உள்ளிப்பச்சைமியம் (Praseodymium) (59, 141), நவீனதயம் (Neodymium) (60-144), இல்லினியம் (Illinium) (61,—). ஸமேரியம் (Samarium), (62, 150), ஐரோப்பியம் (Europium) (63, 152), காடலோனியம், (Gadolonium) (64, 157), கற்பூரமியம் (Terbium) (65, 159), டிஸ்பிரோஸியம் (Dysprosium) (66, 162), படுகைமியம் (Holmium) (67, 163), இருள்மியம் (Erbium) (68, 167), அறத்தொகைவியம் (Thulium) (69, 166), இட்டர்பியம் (Ytterbium) (70, 173), செம்பீதயம் (Lutecium) (71, 175)

ஐக்கியமாகக் கூடியவை, என்றில்லை; எல்லா உலோகங்களும் முறையே எல்லா உலோகங்களல்லாதவற்றுடன் ஐக்கியமாகவேண்டும் என்ற விதியும் இல்லை. இன்னும் சில உலோகமல்லாத அடிப்பண்டங்கள் குறித்த வகைகளில் ஐக்கியமானவாறே (அதாவது, அவற்றிலுள்ள அடிப்பண்டங்கள் தனித் தனியாய் ரஸாயனப் பிரிவினையாகாமல்), சாதாரண ரஸாயன மாற்றங்களின் போது நிரல்படுபவை. அவை, இவ்வகையில் அடிப்பண்டங்களைப் போன்றவை அவை, 'அடிப்பண்டமிகல்கள்' (ராடிகிள்கள்-Radicles) எனப்படுகின்றன. ஆயினும், அவை ரஸாயன மாற்றங்களின்போதே அவ்வாறு ஐக்கியமா யிருப்பவை. ஐக்கியமானவாறே, அடிப்பண்டமொன்றைப் போல், தனித்த ஒரு பொருளாய் அவை இருக்க இயலாதவை. சில 'அடிப்பண்டமிகல்கள் ராடிகிள்கள்) உலோகங்களை அனுசரித்தவை. அவை 'உலோகமன்ன அடிப் பண்டமிகல்கள்' (மெடாலிக்கு ராடிகிள்கள்—Metallic Radicles) எனப் படுகின்றன; சில உலோகமல்லாதவற்றை அனுசரித்தவை; அவை 'உலோக மல்லாதவன்ன அடிப்பண்டமிகல்கள்' (நான் மெடாலிக்கு ராடிகிள்கள் Non-metallic Radicles) எனப்படுகின்றன. உதாரணம் கூறலாம். ஒரு நைட்ரஜன் அணுவும் நான்கு ஹைட்ரஜன் அணுக்களும் ஐக்கியமான அடிப் பண்டமிகல் (ராடிகிள்) ஒன்று, அம்மோனியம் (Ammonium) எனப்படுவது. அது ஸோடியம்-பொடாஷியம்-என்ற அடிப்பண்டங்களின் தாளங்களை ஒத்த தாளங்களில் அவ்வடிப்பண்டங்கள் அவற்றின் தாளங்களில், முறையேயுள்ள நிலைமையில்,தன் தாளங்களில் உள்ளது. அதாவது,ஸோடிய-குளோரின் ஐக்கியத் தாளமான ஸோடியம் குளோரைட் என்ற தாளத்தை யொத்த அம்மோனியம் குளோரைட் என்ற தாளமுள்ளது. ஆனல், 'ஸோடியம்' என்ற ஒரு தனியான பொருள் உள்ளதைப் போல, 'அம்மோனியம்' என்ற பொருளொன்று இல்லை. 'அம்மோனியம்' என்ற அடிப்பண்டமிகல் (ராடிகிள்), உலோகமன்ன (மெடாலிக்கு) வகையானது. ஒரு கந்தக அணுவும் நான்கு ஆக்ஸிஜன் அணுக்களும் சேர்க்கையான அடிப்பண்டமிகல் (ராடிகிள்) ஒன்றுள்ளது; அது கந்தகயேற்று (ஸல்பேட்-Sulphate) எனப்படும் உலோகமல்லாவன்ன அடி பண்டமிகல் (நான் மெடாலிக்கு ரேடிகின்). செப்பு ஸல்பேட்-பொடாஷியம் ஸல்பேட்-முதலான தாளங்கள் உள்ளன; செப்பு குளோரைடு-பொடாஷியம் குளோரைடு என்ற தாளங்களும் உள்ளன. இவற்றில், 'குளோரின்' என்ற அடிப்பண்டம் அமைந்துள்ளதைப் போலவே, முதற்கூறியவற்றில் 'ஸல்பேட்' அமைந்துள்ளது. ஆயினும் 'குளோரின்' என்ற பொருளொன்றுள்ளதைப் போல, 'ஸல்பேட்' என்ற பொருளொன்றில்லை.

ரஸாயன மாற்ற முறைமைகள், 'ரஸாயனீய செய்படு நிரல்கள்' (கெமிகல் புரோஸஸ்கள்-Chemical processes) எனப்படுகின்றன. இச்செய்படு நிரல்கள் (புரோஸஸ்கள்), அவற்றை யொட்டிய ரஸாயன மாற்றங்களின் பாற்பட்ட

அடிப்பண்டங்கள் எவை யென்பதைப் பொறுத்தவாறு பலவகைப்பட்டவை.

ரஸாயனியச் செய்படு நிரல்கள்

ஆக்ஸிஜன் ரஸாயனீயமாய் ஐக்கியப்படுமாறுன செய்படு நிரல் (புரோஸஸ்), 'ஆக்ஸிடேஷன்' எனப்படும்; ஆக்ஸிடேஷன் அகற்றப்படும் செய்படு நிரல் (புரோஸஸ்) 'ரிடக்ஷன்' (Reduction) எனப்படும், குளோரின் ஐக்கியமாகுமாறுன செய்படு நிரல் (புரோஸஸ்) 'குளோரினேஷன்' (Chlorination) எனப்படும். இவற்றைப்போன்றே, பல செய்படு நிரல்கள் ஏற்பட்டுள்ளன. அவ்வாறு பல ரஸாயன மாற்றங்களை யொட்டியான பல வகைச் செய்படு நிரல்களைக் கவனித்து அவற்றைப் பற்றி ஆராய்ச்சிகள் செய்து, ரஸாயனத் தெரியற் செய்கையோர் செய்படு நிரல்களையும் (புரோஸஸ்களையும்) ஏற்றவாறு வகையீடு செய்துள்ளனர்.

ரஸாயனத்தாளங்களும், அவற்றிலுள்ள அடிப்பண்டங்களைக் குறிப்பிடும் முறையை யொட்டி வகையீடு செய்யப்பட்டுள்ளன. உதாரணம் கூறலாம், ஒரு ஸோடியம் அணுவும் ஒரு குளோரின் அணுவும் ஐக்கியமான தாளம், ஸோடியம் குளோரைட் (Sodium chloride) எனப்படும். இது சாதாரண உப்பு. ஒரு கார்பன் அணுவும் ஒரு ஆக்ஸிஜன் அணுவுமுள்ள தாளம், கார்பன் மானுக்ஸைடு (Carbon monoxide). ஒரு கார்பன் அணுவும் இரண்டு ஆக்ஸிஜன் அணுக்களுமுள்ள வாயுப்பொருள், கார்பன்டை ஆக்ஸைட் (Carbon-di-oxide). இதைப் பற்றி அடிக்கடி கூறியுள்ளோம். ஒரு கந்தக அணுவும், மூன்று ஆக்ஸிஜன் அணுக்களுமுள்ள வாயு கந்தக (ஸல்பர்) ட்ரை ஆக்ஸைட். [மானே-ஒன்று; டை-இரண்டு; ட்ரை-மூன்று.] ஒரு ஈய அணுவும் ஒரு கந்தக அணுவும் உள்ள தாளம், ஈய (லெட்) ஸல்பைடு. (Lead Sulphide). ஒரு செம்பு அணுவையும் ஒரு ஸல்பேட் ராடிகிளையும் கொண்டது) செப்பு (காப்பர்) ஸல்பேட். இது துருசு. பொடாஷியம் அணுவொன்றும், ஆக்ஸிஜன் அணுக்கள் மூன்றும், குளோரின் அணுவொன்றும் உள்ள பொருள், பொடாஷியம் குளோரேட்டு (Potassium chlorate). இது வெடியுப்பு. நமது எலும்பிலுள்ள முக்கியமான பொருள் கால்ஷியம் பாஸ்பேட் (Calcium phosphate). அதில் கால்ஷியம் அணுக்கள் மூன்றும், ஒரு பாஸ்பரஸ் அணுவும், நான்கு ஆக்ஸிஜன் அணுக்களுமுள்ள பாஸ்பேட் ராடிகிள்கள் இரண்டும் ஐக்கியமாயுள்ளன. மேற்கூறப்பட்ட உதாரணங்கள் விளக்குகின்றவாறுன முறையை யொட்டி, ரஸாயனத் தெரியற் செய்கையோர் பல பொருள்களையும் பகுத்துப் பரிசோதித்து, வகையீடு செய்துள்ளனர்.

மேற்கூறப்பட்டவாறுன வகையீடு முறை, தாளங்களிலுள்ள அடிப் பண்டங்களையும், தாளத்தின் மூலத்துகளிலுள்ள அடிப்பண்டங்களினது அணுக்களின் எண்ணிக்கையையும் பொருத்தவாறுனது. அதைத் தவிர,

பொருள்களின் முக்கியமான தன்மைகளை யொட்டியும், ரஸாயனத் தெரியற் செய்கையோர் அவற்றை வகையீடு செய்துள்ளனர். பொதுவாக, ரஸாயனத் தாளங்களின் தன்மைகள், அவற்றின் அடிப்பண்ட அமை முறையை யொட்டியே இருப்பன. குளோரைடுகளுக் கெல்லாம் பொதுவான தன்மைகள் சில உண்டு; அவ்வாறே ஆக்ஸைடுகள் எல்லாம் சில தன்மைகளில் ஒத்தனவாயிருக்கும். ஸோடியத் தாளங்கள் எல்லாம் சில பொதுத் தன்மைகளுடன் உள்ளன. ஆயினும், அவ்வாறான தன்மைகள் பலவாறானவை. அவற்றில் முக்கியமான மூன்று தன்மைகளை யொட்டி, பொதுவாக, எல்லாத் தாளங்களும் காம்பவுண்டுகளும்) வகையீடு செய்யப்பட்டுள்ளன. அத்தன்மைகள் 'புளித்துவாயியல்' (ஆஸிடிடி), 'காரக் கசப்பியல்' (ஆல்கலினிடி), 'உப்பியல்' (ஸாலினிடி) என்பவை. இவற்றை யொட்டி எல்லாத் தாளங்களும் (காம்பவுண்டுகளும்), பொதுவாக, புளித்துவாங்கள் (ஆஸிட்கள்–Acids). 'காரக் கசப்புகள்' (ஆல்கலிகள். Alkalies), 'உப்பங்கள்' (ஸால்டுகள்-Salts) என்ற வகைகளில் ஏதாவதொன்றின் பாற்பட்டவை எனக் கருதப்படும். இவ்வகைகள் ஒவ்வொன்றையும் பற்றிச் சற்றுக் கவனிக்கலாம்,

புளியங்களும், காரங்களும், உப்பங்களும், (ஆஸிட்களும், ஆல்கலிகளும், ஸால்டுகளும்.)

புளித்துவாங்களின் (ஆஸிட்களின்) முக்கியமான பான்மை, அவற்றின் ருசி புளிப்பாயிருப்பதே. கந்தகத் திராவகத்துளி (ஸல்ப்யூரிக்கு ஆஸிட்) ஒன்றை ஒரு படி நீரில் விட்டு, அந்நீரை ருசி பார்த்தால், அது புளிக்கும். ஒரு படியில் ஒரு துளியேயானபோதும், நல்ல புளிப்பாயுள்ளதால், அது பலமான 'ஆஸிட் பான்மையைக் கொண்டது எனக் கூறலாம். அதாவது, ஸல்ப்யூரிக் ஆஸிடின் ஆஸிடிடி அதிக வளவானது. எலுமிச்சம்பழச் சாற்றில், 'ஸிட்ரிக் ஆஸிட்' என்றது, உள்ளது. நாம் குடிக்கும் சோடாத் தண்ணீரும் ஆஸிட்தான். அது கார்பன்டை ஆக்ஸைடும் நீரும் ரஸாயன ஐக்கியமானதாலான 'கார்பானிக் ஆஸிட்.' சோடாத் தண்ணீர் புளிப்பாயிருப்பதாக நமக்குத் தோன்றுவதில்லை; ஏனென்றால் கார்பானிக் ஆஸிடின், ஆஸிடிடி குறைந்தவளவானது. ஆதலின் அதன் புளிப்பும் மட்டாயுள்ளது. அதைச் சுவைக்கும் நுண்புலன் நமக்கில்லை. ஆஸிடிடி மிகவும் குறைந்த பொருளில், வேறு நச்சுப்பொருள் எதுவுமில்லாத போது, அதை உட்கொள்வதில் அபாயமில்லை. ஆனால் நச்சுப்பொருளையும் கொண்டுள்ள ஆஸிட் ஒன்றின் ஆஸிடிடி குறைந்தவளவாயிருந்தாலும், அது தீங்கானதே. ப்ரஸ்ஸிக் ஆஸிட் (Prussic acid) என்றது, உடனே ஆளைக் கொல்லும் கொடும் விஷம்; ஆனால் அதன் ஆஸிடிடி மிகவும் குறைவானது. அதன் விஷத்தன்மை ஆஸிடிடியை யொட்டி ஆனதன்று. அதிலுள்ள 'ஸயனோஜன்' Cyanogen) என்ற பொருளே விஷம். கந்தகத் திராவகமும் (Sulphuric acid), அக்னித் திராவகமும் (Nitric acid), ஆளை நெடு நேரம்

கொடும் வேதனைக்குள்ளாக்கிக் கொல்கின்றவை. அவற்றின் கொல்லும் வன்மை, ஆஸிடிடியை யொட்டியே யுள்ளது. ஆஸிடிடி அதிகமான பொருள் தொண்டைக்குள்ளும் வயிற்றுக்குள்ளும் உறுத்தி உறுத்தி, கொஞ்சம் கொஞ்சமாய் அவற்றின் தசைகள் முதலானவற்றை உராய்ந்துக் கருகலாக்கித் தின்று அழிக்கின்றன. அதனால்தான், ஆள் நெடுநேரம் வேதனைப்படுகின்றான். ஆஸிடிடி அதிகவளவான அவ்வாஸிடுகள், உடலின் மீது சிந்தப்பட்டால் கூட, அவை விழுந்த பாகங்கள் கருகிப் புண்ணாய்விடும். அவ்வகைப்புண் ஆறுவதற்கு அதிக நாட்களாகும். எனவே, அவ்வாஸிட்களைக் கையாளுட்போது, ஜாக்கிரதையாய் இருக்கவேண்டும். பொதுவாக, புளி ருசியான பொருள்கள் எல்லாம் ஆஸிடிக்கானவை என நாம் கருதலாம். ஆனால் அந்த ருசி கொஞ்சங் கசப்புக் கூடக் கலவாத புளிச்சுவையாயிருக்க வேண்டும். காய்வெட்டான பழங்கள், காய்கள், எலுமிச்சம்பழம், புளியாரைக்கீரை, புளியம்பழம், புளியம் இலை, தலைவலி மருந்தான ஆஸ்பரின் என்றவையும் இன்னும் பலவும் ஆஸிட் பொருளுடனுள்ளவை. இனி ஆஸிட்களின் ரஸாயனீய இலக்ஷணங்கள் எவை என்பதைக் கவனிப்போம். ஆஸிட்கள் எல்லாவற்றிலும் ஹைட்ரஜன் உண்டு. அதாவது, அவை எல்லாம் ஹைட்ரஜனைக் கொண்ட தாளங்கள் (காம்பவுண்டுகள்). அவை எல்லாம் நீரில் கரையக்கூடியவை. அவை நீரில் கரைந்துள்ளபோது, சாதாரணக் கரையமாகாது, ஒருவாறான ரஸாயன மாற்றம் ஏற்பட்டவாறுள்ளன. அவற்றிலுள்ள ஹைட்ரஜன் அணுக்களில் சில நீருடன் ஐக்கியமாகி, தனித்த ராடிகிள்கள் பயத்தப்படுகின்றன. அவ்வாறான ராடிகிள்கள் அப்படியே அக்கரையத்தில் அமைந்துள்ளன. அவை, 'ஏகலூர்திகள்' (அயான்கள்-Ions) எனப்படுகின்றன. ஆஸிட்களின் மற்ற அடிப்பண்டங்கள் ரஸாயனீயமாய்ச் சேர்ந்து, மற்ற வகைகளினவான ஏகலூர்திகளாய் (அயான்களாய்) கரையத்தில் அமைகின்றன. சாதாரணமாய், ரஸாயன மாற்றங்கள் ஏற்படும்போது, ஏகலூர்திகள் (அயான்கள்) ஏற்படுவதில்லை. தாளமொன்று சிதிலப்பட்டதை (டீகம்போஸானதை) யொட்டி ஏற்படும் ராடிகிள், மற்றொரு தாளமொன்றின் சிதிலத்தை (டீகம்போஸிஷனை) யொட்டி தனிப்படும் அடிப்பண்ட மொன்றுடன் உடனே ஐக்கியமாய்விடும். இதைச் சற்று விளக்கலாம். பாதரஸ ஆக்ஸைடைச் சூடாக்கி, சிதிலப்படுமாறு (டீகம்போஸாகுமாறு) செய்து, பாதரஸம், ஆக்ஸிஜன் என்ற அடிப்பண்டங்கள் இரண்டாய் ஆனவாறு அதைப் பதப்பிரிவினையாக்கலாம். ஆனால், பொடாஷியம் ஸல்பேட்டைச் சிதிலப்படுத்தி (டீகம்போஸ் செய்து), பொடாஷியம், ஸல்பேட் என்ற இரு பொருள்களைத் தனித்தனியாய் ஆகுமாறு செய்ய இயலாது; பொடாஷியம் ஸல்பேட்டுடன் பேரியம்ஹைட்ராக்ஸைட் என்றதைக் கலந்தால், அவற்றில் ரஸாயன மாற்றமுண்டாகி, பொடாஷியம் ஹைட்ராக்ஸைட், பேரியம் ஸல்பேட் என்ற வேறு பொருள்கள் தோன்றுகின்றன. அதாவது, பொடாஷியம் ஸல்பேட்டிலுள்ள ஸல்பேட் ராடிகிள் அதனின்று பிரிந்து

பேரியம் ஹைட்ராக்ஸைடிலுள்ள பேரியத்துடன் ஐக்கியமாகின்றது; பேரியம் ஹைட்ராக்ஸினின்று, 'ஹைட்ராக்ஸைட் என்ற ராடிகிள் பிரிந்து, பொடாஷியத்துடன் ஐக்கியமாகின்றது. ஆகவே, ஆஸிட் கரையமொன்றில் தனிப்பட்டவாறுள்ள ராடிகிளின் நிலைமை, சாதாரணமான ரஸாயன மாற்றங்களையொட்டிய ராடிகிள்களின் தனிப்பட்டிருக்க இயலாத நிலைமையினின்று சற்று வேற்றுமையானது. கரையத்தில் தனிப் பொருளானவாறு, ஏகலூர்திகள் (அயான்கள்) இருக்குமேயன்றி, அவற்றைத் தனிப் பொருளானவாறே கரையத்தினின்று பிரித்தெடுக்க இயலாது; கரையத்தியினுள்ள வரையிலுமே, அது தனிப்பொருள் நிலைமையானது. ஆஸிட் கரையங்களில் மட்டுமேயன்றி, மற்ற வகைச் கரையங்களிலும், மேற்கூறப்பட்டவாறான ஏகலூர்திகள் (அயான்கள்) ஏற்படலாம். ஸோடியம் குளோரைடு என்ற சாதாரண உப்பை நீரில் கரைத்தால், அக்கரையத்தில், ஸோடியம் அயான்கள் சிலவும், குளோரின் அயான்கள் சிலவும் தனிப்பட்டவாறு ஏற்படுகின்றன. அவ்வாறு தனிப்பட்டுள்ள அடிப்பண்டங்கள், அவற்றின் சாதாரண நிலைமையினின்று சற்று வேற்றுமையானவை. ஆகவே, அடிப்பண்டங்களாயினும், ராடிகிள்களாயினும், கரையங்களில் தனிப்பட்டவாறு தொக்கி நிற்கும் நிலைமையிலுள்ளபோது, அவை ஏகலூர்திகள் (அயான்கள்) எனப்படுகின்றன. ஆஸிட் கரையங்களை இனிக் கவனிப்போம். எல்லா ஆஸிட்களிலுமுள்ள ஹைட்ராஜன் அணுக்களில் சில, முறையே, நீர் மூலத்துகள்கள் சிலவற்றுடன் ஐக்கியமாகி, 'ஹைட்ராக்ஸோனியம்' (Hydroxonium) எனப்படும் அயான்கள் ஏற்படுகின்றன. அவை நீரில் தொக்காய் நிற்கின்றன. அவ்வாறான ஹைட்ராக்ஸோனியம் அயான்களின் தொகையைப் பொருத்தவாறு ஆஸிட் ஒன்றின் ஆஸிடிடித்திறன் உள்ளது. எல்லா ஆஸிட் கரையங்களிலும் ஹைட்ராக்ஸோனியம் அயான்கள் சிலவாகவாயினும் பலவாகவாயினும் உள்ளன. அவ்வாறு அவை யிருத்தல் என்பது, ஆஸிட்களின் முக்கியமான ரஸாயனீய இலக்ஷணமாம்.

ஹைட்ராக்ஸோனியம் அயான்களும், ஆஸிடிடித் திறனும்

ஒரே நிறையான ஸல்ப்யூரிக் ஆஸிடும், ஸிட்ரிக் ஆஸிடும், கார்பானிக்கு ஆஸிடும், முறையே, ஒரே நிறையான நீரில் கரைக்கப்பட்ட போதான கரையங்களை முறையே பரிசோதிப்போமாயின், ஸல்ப்யூரிக் ஆஸிடு கரையத்தில் பத்து லக்ஷம் ஹைட்ராக்ஸோனியம் அயான்களும், ஸிட்ரிக் ஆஸிடினதில் பதினாறாயிரமும், கார்பானிக் ஆஸிடினதில் பத்தும் என்றான வீதத்தில் அவை உள்ளன எனக் காண்போம். எனவே, ஸல்ப்யூரிக் ஆஸிட் கடும் ஆஸிட் என்றும், ஸிட்ரிக் ஆஸிட் ஈன ஆஸிட் என்றும், கார்பானிக் ஆஸிட் மிகவீன ஆஸிட் என்றும், நாம் கூறுகிறோம். ஆஸிட்களின் மற்றொரு ரஸாயனீய இலக்ஷணம், ஆஸிட் ஒன்றின் கரையம் உலோகங்களுடன் ரஸாயனீயமாய்ச் சேர்க்கப்படும்போது, ஆஸிடிலுள்ள ஹைட்ராஜன் தவிர்த்த மற்ற அயான் உலோகத்துடன் ஐக்கியம் ஆகின்றது; ஹைட்ராக்ஸோனியம் சிதிலமாகி,

ஆஸிடினின்று பிரிந்துவந்த ஹைட்ராஜனும், மற்ற பகுதியான நீரும் தனித்தனியாய்ப் பிரிந்துவிடுகின்றன, என்பதேயாம். அதாவது, உலோகமும் ஆஸிடும், நீரும் ரஸாயனியமாய்ச் சேர்ந்து மாறுதல்களடைந்து, உலோகமும் மற்றொன்றும் ஐக்கியமான பொருளாயும், ஹைட்ராஜனும் நீராயும் ஆகின்றன. ஓர் உதாரணம் கூறலாம், துத்தநாகமும், ஸல்ப்யூரிக் ஆஸிடும் நீரும் ரஸாயனியமாய்ச் சேர்வதினின்று, துத்தநாக ஸல்பேட்டும் (Zinc sulphate), ஹைட்ராஜனும், நீரும் பயத்தப்படுகின்றன. எனவே துத்தநாகத்தின்மீது ஸல்ப்யூரிக் ஆஸிட் கரையத்தை ஊற்றினால், ஹைட்ராஜன் வாயு தனிப்பட்டு வருகின்றது. அவ்வாயுவைப் பயத்தற்கான வழிகளில் மேற்கூறியதும் ஒன்றும். ஆனால் ஈன ஆஸிட்கள் ஊற்றப்பட்டால், ஹைட்ராஜன் தனிப்படு வதில்லை; பிளாடினம்-பொன்-வெள்ளி-பாதரஸம்-செம்பு என்ற உலோகங் களின் மீது கடும் ஆஸிட்களை ஊற்றினாலும், ஹைட்ராஜன் உண்டாவதில்லை. ஆஸிட்களின் முக்கிய ரஸாயன இலக்ஷணம், அவை ஆல்கலிகளுடன் ஐக்கியம் (கம்பைன்) ஆவதால், உப்பங்கள் (ஸால்டுகள்) பயத்தப்படுகின்றன, என்பது. ஆல்கலிகளைப் பற்றிக் கூறிய பிறகு, அவ்விஷயத்தைப் பற்றி மேலும் கூறலாம்.

ஆல்கலிகள் (Alkalies) எனப்பட்டவை, க்ஷார ருசியானவை. வெற்றிலைப் பாக்குடன் நாம் போட்டுக்கொள்ளும் சுண்ணாம்பு ஆல்கலி வகையானது. அதன் ருசியை எல்லோரும் அறிவர். அது சற்றேனும் துவர்ப்பில்லாத காரம். சாதாரணமாக, அவ்வாறான ருசியுடனுள்ள பொருள்கள், ஆல்கலிக ளானவை. ஆல்கலிகள் பட்ட இடங்கள் உராயப்பட்டு அரிக்கப்பட்டு தின்னப் படுகின்றன. ஆதலின் ஆல்கலிகள் கார அரிப்பானவை (காஸ்டிக்கானவை—Caustic) எனப்படுகின்றன. சுண்ணாம்பு, காஸ்டிக் கால்ஷியம்; ஸோடிய முள்ள ஆல்கலி, காஸ்டிக் சோடா; பொடாஷிய ஆல்கலி, காஸ்டிக் போடாஷ். இவையே, சாதாரணமாயுள்ள ஆல்கலிகள். இனி ஆல்கலிகளின் ரஸாயனீய இலக்ஷணங்களைக் கவனிப்போம். அவை எல்லாவற்றிலும் ஒரு ஹைட்ராஜன் அணுவும், ஒரு ஆக்ஸிஜன் அணுவும் ஐக்கியமான ராடிகிள்கள் முறையே உள்ளன. அது 'ஹைட்ராக்ஸைல் (Hydroxyl) ராடிகிள் எனப்படுகின்றது.

ஹைட்ராக்ஸைல் அயான்

நீரில் கரைக்கப்பட்ட ஆல்கலிகளில் அவை தனிப்பட்டு அயான்களாய் கரையத்தில் தொக்கி நிற்கும். குறித்த தொரு நிறையேயான ஆல்கலிகள் பல நீரில் கரைந் துள்ளபோது, அக்கரையங்களில், முறையே நிற்கின்ற ஹைட்ராக்ஸைல் அயான்களின் தொகையைப் பொருத்தவாறு, அவ்வால்கலி களின் ஆல்கலைன் திறன்கள், முறையே உள்ளவை. ஆல்கலிகள் ஆஸிட் களுடன் ரஸாயனீயமாய்ச் சேரும் வேட்கையுடனுள்ளவை.

ஆஸிட் கரையமொன்றும், ஆல்கலிக் கரையமொன்றும் சேர்த்து கலக்கப்படும் போது, ரஸாயன மாற்றம் ஏற்படுகின்றது. ஆல்கலியினதான ஹைட்ராக்ஸைல்

அயானும், ஆஸிடினதான ஹைட்ராக்ஸோனியம் அயானும் ஐக்கியமாகி தண்ணீராய் மாறுகின்றன. ஹைட்ராக்ஸோனியம் அயான் ஒன்று, நீர் மூலத்துகள் ஒன்றும், ஹைட்ரஜன் அணுவொன்றும் ஐக்கியமாவதால் உண்டாவது எனக் கூறியுள்ளோம். நீர் மூலத்துகள் ஒன்றில் இரண்டு ஹைட்ரஜன் அணுக்களும் ஒரு ஆக்ஸிஜன் அணுவும் உள்ளன. எனவே, ஹைட்ராக்ஸோனியம் அயான் ஒன்றில் மூன்று ஹைட்ரஜன் அணுக்களும், ஒரு ஆக்ஸிஜன் அணுவும் உள்ளன. ஹைட்ராக்ஸைல் அயானில் ஒரு ஹைட்ரஜன் அணுவும் ஒரு ஆக்ஸிஜன் அணுவும் உள்ளன. ஆகவே, ஹைட்ராக்ஸோனியம் அயான் ஒன்றும் ஹைட்ராக்ஸைல் அயான் ஒன்றும் ஐக்கியமாகும்போது தோன்றும் பொருளில், நான்கு ஹைட்ரஜன் அணுக்களும் இரண்டு ஆக்ஸிஜன் அணுக்களும் இருக்கவேண்டும். அவ்வாறானது, இரண்டு ஹைட்ரஜன் அணுக்களையும் ஒரு ஆக்ஸிஜன் அணுவையும் கொண்ட நீர் மூலத்துகள், இரண்டெனவாகின்றது. ஹைட்ராக்ஸோனியம் அயானும், ஹைட்ராக்ஸைல் அயானும் ஐக்கியமாவதால், நீர் ஏற்படுகின்றது. ஆஸிடின் மற்ற அயான், ஆல்கலியின் மற்ற அயானுடன் ஐக்கியமாகி, ஆஸிடாயும் ஆல்கலியாயும் இல்லாத நடுப்பொருளொன்று ஏற்படுகின்றது. அவ்வாறான நடுப்பொருள் 'உப்பம், (ஸால்ட்—Salt) எனப்படுகின்றது. இப்படி ஆஸிட் கரையம் ஒன்றையும்' ஆல்கலி கரையம் ஒன்றையும் கலப்பதற்கு, 'நண்ணாக்குதல்' (நியூட்ரலைஸேஷன் —Neutralisation) என்று பெயர். ஆஸிட்கரைய மொன்றையும் ஆல்கலி கரையமொன்றையும் நண்ணாக்கும்போது (நியூட்ரலைஸ் செய்யும்போது), ஆஸிட் கரையத்திலுள்ள ஹைட்ராக்ஸோனியம் அயான்களின் தொகையும் ஆல்கலிக் கரையத்திலுள்ள ஹைட்ராக்ஸைல் அயான்களின் தொகையும் நிகராயிருந்தாலன்றி, முற்றுமான நண்ணாக்கல் (நியூட்ரலைஸேஷன்) ஏற்படாது. ஹைட்ராக்ஸோனியம் அயான்களின் தொகை, ஹைட்ராக்ஸைல் அயான்களினதைவிட அதிகமாயிருந்தால், கரையங்கள் சேர்க்கப்பட்ட பிறகும், கலப்புக் கரையம் ஆஸிடிக்காகவேயிருக்கும்; முன்னிருந்ததைவிட ஆஸிடிடிக் குறைந்திருக்குமேயன்றி, முற்றும் ஆஸிடிடி நீக்கப்பட்டதாயிருக்காது. ஹைட்ராக்ஸைல் அயான்களின் தொகை ஹைட்ராக்ஸோனியம் அயான்களினதைவிட அதிகமாயிருந்தால், பின்னான கரையம் முன்னிருந்ததைவிடக் குறைந்தவளவு ஆல்கலைனாயிருக்குமேயன்றி முற்றும் ஆல்கலினிடி நீக்கப்பட்டதாய் இருக்காது.

முற்றும் நண்ணாக்குவதற்கென (நியூட்ரலைஸ் செய்ய) திட்டமான அளவு முறைகள் கையாளப்படுகின்றன. குறித்தவளவான ஆஸிட் குறித்தவளவான நீரில் கரைக்கப்படும். அவ்வாறே, குறித்த அளவான ஆல்கலி ஒன்று குறித்த அளவான நீரில் கரைக்கப்படும். பிறகு, அக்கரையங்களில் ஒன்று மற்றொன்றில் கொஞ்சம் கொஞ்சமாக ஊற்றப்படும். ஓரளவான ஆஸிட் கரையத்தை முற்றும் நண்ணாக்க (நியூட்ரலைஸ் செய்ய) எவ்வளவான ஆல்கலிக்கரையம் தேவையாகும், எனக் காணப்

ஆஸிடிமெட்ரியும் ஆல்கலிமெட்ரியும்

படும். இம்முறையையொட்டி அளவைகள் செய்வதற்கென, கரையமொன்று ஆஸிடிக்காயுள்ளதையும், அன்றி, ஆல்கலேனுயுள்ளதையும் அறிவதற்கான 'சுட்டிகள்' (இண்டிகேடர்கள்—Indicators) என்றவை, வேண்டப்படு கின்றன. ஆஸிட் கரையமும், ஆல்கலிக் கரையமும் பார்வைக்கு ஒன்றுபோல் வனவாகவே உள்ளவை. ஆதலின் ஒன்றில் மற்றொன்றை சிறிது சிறிதாய் ஊற்றிவரும்போது, அவை எப்பொழுது நண்ணுக்கப்படுகின்றன (நியூட்ரலைஸா கின்றன), என்பதை, மேற்கூறப்பட்டவாறான 'சுட்டிகளின்' (இண்டிகேடர் களின்) துணையின்றி, அறிய இயலாது. அவ்வாறான சுட்டிகள் (இண்டிகே டர்கள்) பல அறியப்பட்டுள்ளன. பதியம் (லிட்மஸ்—Litmus) என்றச் சாயப் பொருள், ஒருவகைப் பாசியினின்று செய்யப்படுவது. அதுவுள்ள கரையத்தின் துளியொன்றை, ஆஸிட்கரையமொன்றிலிட்டால், ஆஸிட்கரையம் சிவப்பாய் விடும்; பதியத் துளியை (லிட்மஸ் துளியை) ஆல்கலிக்கரையத்தில் விட்டால், அது நீல நிறமாயாகின்றது. இவ்வகையில், கரையமொன்று, ஆஸிடிக்கானதா, அன்றி ஆல்கலேனுனதா என அறியக்கூடும். பினுல்ப்தலீன் (Phenolphthalene) என்ற திரவத்தின் துளியொன்றை ஆல்கலிக்கரையமொன்றில் விட்டால், அக் கரையம் செந்நிறத்தினதாகின்றது. அத்திரவத் துளியொன்றை ஆஸிட்கரைய மொன்றில் விட்டால், கரையத்தின் நிறம் மாறுவதில்லை. கண்ணடிப் பாத்திரம் ஒன்றில் குறித்த அளவான ஆல்கலிக் கரையமொன்றைவிட்டு, அதில் ஒரு துளி பினுல்பதலீனையும் விட்டால், கரையம் செந்நிறத்துடனிருக்கும். அதனுள் ஆஸிட் கரையமொன்றைக் கொஞ்சம் கொஞ்சமாய் ஊற்றிக்கொண்டே வரு வோம். பாத்திரத்திலுள்ள கரையம் சிறிதளவு ஆல்கலேனுயிருந்தாலும், அது செந்நிறமானதாகவே இருக்கும். அது நண்ணுக்கப்பட்டு (நியூட்ரலைஸ் செய்யப் பட்டு), ஒருசொட்டு ஆஸிட் அதிகமாய் விழுந்தவுடன், செந்நிறம் மாறி கரையம் தெளிவாகும். எனவே, பாத்திரத்திலிருந்தவளவு ஆல்கலிக் கரையத்தை, நண்ணுக்க (நியூட்ரலைஸ் செய்ய)த் தேவையான ஆஸிட் கரையத்தினளவு எதுவானது, என அறியலாம். ஆல்கலின் கரையத்தில் ஆல்கலிப் பொருள் எவ்விதமாயிருந்தது எனவும், அதில் ஊற்றப்பட்ட ஆஸிட் கரையத்தில் எவ்வித மான ஆஸிட் பொருள் இருந்தது எனவும் அறியப்பட்டவை. ஆகவே குறித்த வோரளவான ஆல்கலியை நண்ணுக்கத் தேவையான ஆஸிட் எவ்வளவாயிருக்க வேண்டும் எனக் கணக்கிட்டுக்கொள்ளலாம். ஆல்கலிக் கரையத்தில் லிட்மஸ் துளியை விட்டால் அது நீலநிறமாய் ஆகும். அக்கரையம் செந்நிறமாய் ஆகும் வரை, ஆஸிட் கரையத்தை அதில் ஊற்றிக்கொண்டுவந்து, மேற்கூறப்பட்ட வாறான அளவைகளைச் செய்யலாம். லிட்மஸையும் பினுல்பதலீனையும் விடப் பன்மடங்கு அதிக நுட்பமான 'சுட்டிகள்' (இண்டிகேடர்கள்) அறியப்பட் டுள்ளன. அவற்றைக் கொண்டும் காணவியலாத இரத்த அஸிடிடியளவு மாற்ற நுட்பங்களை, நமது மூளையிலுள்ள இரத்த அஸிடிடி 'சுதப்படுத்தி' (ரெக்யூ லேடர்) உணரவல்லது. அதன் ஆஸிடிடி நுட்பமறியும் திறனைப்பற்றி நாம்

அதிகமாய் எடுத்துரைக்க வேண்டியதில்லை. மேற்கூறப்பட்டவாறான அளவை முறைகள் ஆஸிடிமெட்ரி (Acidimetry) ஆல்கலிமெட்ரி (Alkalimetry) எனப்படுகின்றன. அம் முறைகளையொட்டி, ரஸாயனத் தெரியற்செயற்கையோர் பல திட்டமான அளவைகளைச் செய்து, பல ஆஸிடுகளுக்கும், ஆல்கலிகளுக்குமான திறன் வீதங்களைக் கணக்கிட்டுள்ளனர்.

மேற்கூறப்பட்ட வகையீடு முறையை யொட்டி, ரஸாயனத் தாளங்கள் (காம்பவுண்டுகள்), ஆஸிடுகள், ஆல்கலிகள், உப்பங்கள் என்ற மூவகைகளில் அடங்குபவை, என அறிகிறோம். ஆயினும், பொதுவாய் அப்படியிருப்பினும் உப்பங்கள் பல்வேறு வகைகளினவையாய் உள்ளன. ஆஸிட்கள் எவையெனவும், ஆல்கலிகள் எவையெனவும் திட்டமாய்க் கூறிவிடலாம். ஆனால் அவ்வாறு திட்டமான ஒரே வகையினவாய், உப்பங்கள் இல்லை. அவற்றில் பல வகைகள் உண்டு. சில உப்பங்கள் முற்றும் நண்ணுனவை அன்று. அவற்றில் சில, சற்று அஸிடிக்கானவை. நாம் சாதாரணமாய் 'சோடா உப்பு' என்று கூறும் 'ஸோடியம் பைகார்பனேட்' இவ்வகையானது. அவ்வாறானவை 'ஆஸிடிக் உப்பங்கள்' எனப்படுகின்றன. மற்ற சில 'ஆல்கலேன் உப்பங்கள்' எனப்படுகின்றன. இன்னும் பலவகையான உப்பங்களும் உண்டு. அவற்றையெல்லாம் கூடியவரை ரஸாயனத் தெரியற்செயற்கையோர் வகையீடு செய்துள்ளனர். மேற்கூறப்பட்டவையேயன்றி, பலபட்டரைப் பொருள்களான, (காம்ப்ளெக்ஸ் காம்பவுண்டுகள்—Complex Compounds) என்ற பல உள்ளன. அவையும், ஒருவாறு வகையீடு செய்யப்பட்டுள்ளன.

உப்பு வகைகள்

ரஸாயன செய்படு நிரல்களும் (கெமிகல் ப்ரோஸஸ்களும் முறையே, வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன, சாதாரணமாக, சூடு–ஈரையம் செய்தல்–மின்சாரம் செலுத்தல்—என்றவையே, ரஸாயன செய்படு நிரல்களை (கெமிகல் புரோஸஸ்களை)த் தூண்டுகின்றவை. நடைபெறவேண்டிய செய்படுநிரலுக்கு (கெமிக்கல் புரோஸஸுக்கு)த் தக்கவாறு, அத்தூண்டுதல்கள், முறையே எவ்வாறிருக்க வேண்டும், எனவும் அறியப்பட்டுள்ளது. ஆயினும், பல செய்படு நிரல்கள் (புரோஸஸ்கள்) எந்நிமித்தம் நடைபெறுகின்றன என அறியப்படவில்லை. அவ்வாறான செய்படு நிரல்கள் (புரோஸஸ்கள்) தற்செயலாய் அறியப்படுகின்றன. அவற்றை நடைபெறச்செய்து, பலவகையான பயனுறு பொருள்கள் ஏராளமாய் விளைவிக்கப்படுகின்றன. ஆயினும், அச் செய்படு நிரல்களுக்கான ரஸாயனிய விதி முறைகள் எவை என அறியப்படவில்லை. விதிமுறை யறியப்படாததாயினும், நடைபெறும் செய்படுநிரல் (புரோஸஸ் ஒன்றைப்பற்றிக் கூறலாம். கரித்தூள் வெந்தணலாகுமாறு சூடேற்றப்படுகின்றது. அதன்மீது அதிகமான நீராவி வீசப்படுகின்றது. அதனால் கரித்தூள்

ரசாயன செய்படுநிரல் வகைகள்

நீராவியுடன் ஐக்கியம் (கம்பைன்)ஆகி, கார்பன் மானக்ஸைட் வாயுவும், ஹைட்ரஜன் வாயுவும் பயத்தப்படுகின்றன; அவ்வாயுக்கள் சேர்வான கலவையுடன் மேலும் நீராவி கலக்கப்பட்டு, அவை 'திரு' என்ற இருப்பு ஆக்ஸைடின்மீது செலுத்தப்படுகின்றன. அப்போது, கார்பன் மானக்ஸைடு மீண்டும் நீராவியுடன் ரஸாயனீயமாய்ச் சேர்வதால், கார்பன் டைஆக்ஸைட் என்ற வாயுவும், இன்னும் அதிகமான ஹைட்ரஜன் வாயுவும் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இம்முறையை யொட்டியே, நடைமுதலில் ரஸாயனத் தொழிற்சாலைகளில் பெருவாரியாக ஹைட்ரஜன் விளைவிக்கப்படுகின்றது. அம்முறையைச் சற்றுக் கவனிப்போம். முதலில் கார்பன் அணுவொன்று நீர் மூலத்துகளிலுள்ள ஆக்ஸிஜன் அணுவொன்றுடன் ஐக்கியமாவதால், கார்பன் மானக்ஸைடு பயத்தப்படுகின்றது. நீர் மூலத்துகளில் மீதிப்பட்ட ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் இரண்டும் விடுவிக்கப்படுகின்றன. ஹைட்ரஜன் வாயு பயத்தப்படுகின்றது, பிறகு, கார்பன் மானக்ஸைடு, கார்பன் டைஆக்ஸைடாய் ஆகும்போது, மேலும் இரண்டு ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் விடுவிக்கப்படுகின்றன. ஆதலின். ஹைட்ரஜனின் அளவு இருமடங்காகின்றது. கார்பன் மானக்ஸைடும் நீராவியும் திருவின்மீது வீசப்படாமல், எவ்வளவு சூடேற்றப்பட்டாலும், அவை ஐக்கியமாகி, கார்பன் டைஆக்ஸைடும் ஹைட்ரஜனும் உண்டாவதில்லை. திருவின் முன்னிலையில்தான் அந்த ரஸாயன மாற்றம் நடைபெறுகின்றது எனவே அச்செய்படு கிரலுக்கு (புரோஸஸுக்கு), திரு இருத்தல், என்பது அவசியமாகின்றது. ஆனல், அது ரஸாயன மாற்றமாகின்ற பொருள்களில் ஒன்று அன்று. ரஸாயன மாற்றம் நடைபெறுவதற்கு முன்னரும், அது நடைபெற்ற பின்னரும், திரு அப்படியே, அதேத் திருவாய் உள்ளது. ரஸாயன மாற்ற விதிமுறையை யொட்டியவாறு, ஆங்கு திரு இருக்கவே வேண்டியதில்லை. ஆயினும் ரஸாயனச் செய்படுகிரலுக்கு (புரோஸஸுக்கு) திரு இன்றியமையாதுள்ளது. ஏன் அது அங்கிருக்கவேண்டும், என்பதை விளக்கும் விதியியலான காரணம் அறியப்படவில்லை.

தூண்டி நடத்திகள் (காடலிஸ்டுகள்)

இவ்வாறு, ஒரு பொருள், தான் எவ்வகையிலும் மாருதிருந்துகொண்டு, வேறு எவ்வழியிலும் நடைபெருத ரஸாயன மாற்றம் ஒன்றை நடைபெறச் செய்யுமாயின், அப்பொருள் 'தூண்டி நடத்தி' (காடலிஸ்ட்-Catalyst) எனப்படுகின்றது. தாமதமாய் நடைபெறுகின்ற ரஸாயன மாற்றமொன்றை விரைவாய் நடைபெறுமாறு செய்கின்றவையும், தூண்டி நடத்திகளே (காடலிஸ்டுகளே)யாம். நமது உடலில் ஜீரணம் நடைபெறுவதற்கு இன்றியமையாதவை எனக் கூறப்பட்ட 'என்ஜைம்கள்' தூண்டி நடத்திகளின் (காடலிஸ்ட்களின்) வகையினவே. விரைவாய் நடைபெறும் ரஸாயன மாற்றமொன்றை தாமதமாய் நடைபெறுமாறு செய்வதற்கும், சாதாரணமாய் நடைபெறக்கூடிய ரஸாயன மாற்றமொன்றை நடைபெருதவாறு தடுப்பதற்கும், ஆனவை உண்டு. அவை

‘எதிர் நடத்திகள்’ (நெகடிவ் காடலிஸ்டுகள்) எனப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு வகையான காடலிஸ்டுகளிலும், பலவற்றை ரஸாயனத் தெரியற்செயற்கையோர்கள் அறிவார்கள்.

மேற்கூறப்பட்ட தொழிற்சாலை முறையை மறுபடியும் கவனிப்போம். ஹைட்ராஜன் உண்டாக்கப்படுவதற்கான மற்றொரு வழியைப்பற்றி வேறோரிடத்தில் கூறியுள்ளோம். அம்முறையையொட்டி, உலோகமொன்றுடன் ஆஸிட் கரையமொன்று ஐக்கியம் (கம்பைன்) ஆவதால், ஹைட்ராஜன் பயத்தப்படுகின்றது. தொழிற்சாலை முறையையொட்டி, ஹைட்ராஜன் உண்டாக்கப்படுவதற்கென, தேவையான பொருள்கள், கரியும் நீருமே. துரு அப்படியேயுள்ளது. கரியும் நீரும் எவ்வளவு வேண்டுமாயினும் கிடைக்கும்; கரி விலையதிகமான பொருளன்று. மற்ற முறையையொட்டி, ஹைட்ராஜன் விடுவிக்கப்படுவதற்கென, வேண்டப்படும் பொருள்கள் உலோகமும் ஆஸிடும். அவையிரண்டும், முறையே, கரியைவிடப் பன்மடங்கு அதிக விலையானவை. ஆகவே, ரஸாயனப் பொருளொன்று பல வழிகளில் செய்யப்பட முடிந்ததாயினும், குறைந்த செலவில், அதிகவளவாய் அப்பொருள் உண்டாக்கப்படுவதற்கான வழியே, ரஸாயனத் தொழிற்சாலைகளில் கையாளப்பட்டு வரும், என அறிகிறோம்.

ரஸாயனச் சுருக்கெழுத்து

ரஸாயனத் தெரியற்செயற்கையோர் பலவாறாகவும் பலவாகவும் ஆன ரஸாயன மாற்றங்களையும், செய்படு நிரல்களையும் (புரோஸஸ்களையும்) பற்றித் திட்டமானவாறும் சுருக்கமானவாறும் பரிசீலனை செய்யவும், அவ்விதியியல் முடிவுகளை சுருக்கமாய் விளக்கவும், ஆன ‘சுருக்கெழுத்து’(short-hand) முறையொன்றை ஏற்படுத்தியுள்ளனர். அம் முறையையொட்டி, ஒவ்வொரு அடிப்பண்டமும், அதனதற்கென்றான குறியீட்டுடனுள்ளது. நாம் முன்னர் தந்துள்ள அடிப்பண்டப்பட்டியலில், அக்குறியீடுகளையும் காட்டியுள்ளோம். அம்முறையையொட்டி தாளமொன்று (காம்பவுண்டு) அதிலுள்ள அடிப்பண்டங்கள் எவையென்பதையும், தாள மூலத்துகள் ஒன்றில், அவ்வடிப்பண்டங்கள் ஒவ்வொன்றினதும் அணுக்கள் முறையே எத்தனையுள்ளன வென்பதையும், அறிவிக்கும் குறியீட்டால் அது காட்டப்படும். நமது எலும்புகளில், சுண்ண ஒளிர்தரியயேற்று (கால்ஷபம் பாஸ்பேட்டு) என்ற தாளம் (காம்பவுண்டு) உள்ளது, எனக் கூறியுள்ளோம். அதில், சுண்ண (கால்ஷியம்) அணுக்கள் மூன்றும், ஒளிர்தரிய (பாஸ்பரஸ்) அணுக்கள் இரண்டும், உயிரிய (ஆக்ஸிஜன்) அணுக்கள் எட்டும் உள்ளன. இவற்றில் ஒளிர்தரிய அணுக்களும், உயிரிய (ஆக்ஸிஜன்) அணுக்களும், சேர்ந்து ராடிகிள்களாயுள்ளன. எனவே, அது, சு$_3$ (ஒஉ$_4$)$_2$ [$Ca_3(PO_4)_2$] எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றது. சாதாரண உப்பில் ஒரு அமளிய (ஸோடிய) வணுவும், ஒரு பசுமைய (குளோரின்) வணுவும் உள்ளன. அது, அபசு,

(Na Cl) என்ற குறியீட்டைக் கொண்டது. இவ்வாறே, எல்லாத் தாளங்களுக்கும், முறையே அவ்வவற்றினதான, குறியீடுகள் உண்டு. ரஸாயன மாற்றங்களும் இக் குறியீடுகளை யொட்டியவாறே குறித்துக் காட்டப்படுகின்றன. உதாரணமாக, நாம், நீரயம் (ஹைட்ரஜன்) பயத்தப்படுவதற்கென, ஏற்பட்ட இருவகை ரஸாயனீய மாற்ற முறைகளை எடுத்துக்கொண்டு, அவை எவ்வாறு குறியீடுகளால் விளக்கப்படுகின்றன, எனக் காட்டுவோம்.

1. தொழிற்சாலை முறை :

(i) கரியமும் நீராவியும் ஆவது கரிய ஒற்றையுயிரியும் நீரயமும்

(Carbon and Steam become Carbonmonoxide & Hydrogen)

கரி + நீ$_2$உ → கரிஉ + நீ$_2$

$(C + H_2O \rightarrow CO + H_2)$

(ii) கரியஒற்றைஉயிரியும் நீராவியும் ஆவது கரியயிருயிரியும் நீரயமும்

(Carbonmonoxide & Steam become Carbondioxide & Hydrogen)

கரிஉ + நீ$_2$உ → கரிஉ$_2$ + நீஉ

$(CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2)$

2. சோதனைச்சாலை முறை :

(i) நீரும் கந்தகத்திரவமும் ஆவது ஏகலூர்திகளான நீரயவுயிரியவுலோகமியமும் கந்தகயேற்றும்

(Water & Sulphuric Acid become Hydroxonium & Sulphate ions)

2நீ$_2$உ + நீ$_2$கந்உ$_4$ → (நீ$_3$உ)$_2$ + கந்உ$_4$

$(2H_2O + H_2SO_4 \rightarrow (H_3O)_2 + SO_4)$

(ii) துத்தநாகமும் நீரயவுயிரிவுலோகமியமும் கந்தகயேற்றும் ஆவது துத்தநாக கந்தகயேற்றும் நீரும் நீரயமும்

(Zinc, Hydroxonium and Sulphate become Zinc Sulphate, Water and Hydrogen)

துத் + (நீ$_3$உ)$_2$ + கந்உ$_4$ → துத் கந்உ$_4$ + உநீ$_2$உ + நீ$_2$

$Zn + (H_3O)_2 + SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + 2H_2O + H_2)$

ஆகவே, மேற்கூறப்பட்டவாறான குறியீடு முறையை யொட்டி ரஸாயன மாற்றங்களின் போக்கு, முதலான விவரங்கள் திட்டமாயும் தெளிவாயும் புலப்படுகின்றன. இம்மாதிரி முறைகள் பலவற்றைக் கொண்டும், பல ஆராய்ச்சிகள் செய்து அறிந்தவற்றைக் கொண்டும், ரஸாயனத் தெரியற் செயற்கையோர், தாறுமாறாய் நடைபெறுகின்றன வெனத் தோன்றும் பலபட்டரையான ரஸாயன மாற்ற வழிகளை முறைப்படுத்தி, முன்னேற்றமடைவதற்கான வேலைகளில் ஈடுபட்டுள்ளனர்.

அடிப்பண்டங்கள் (எலிமண்டுகள்) எல்லாவற்றிலும் மிக முக்கியமானது கரியமே (கார்பனே). நமது உடலினதும், பிராணிகளின் உடலினதும், பயிர்களினதும், முக்கியமான பகுதிகள் எல்லாம் கரியத் தாளங்களால் (கார்பன் காம்பவுண்டுகளால்) அமைக்கப்பட்டவை. நமது உணவுப் பொருள்களில் பெரும் பகுதிகள் கரியத்தாளங்களால் (கார்பன் காம்பவுண்டுகளால்) ஆனவையே. நமது உடலுக்கும் உயிருக்கும் அத்தாளங்களே (காம்பவுண்டுகளே) ஆதாரமானவை எனலாம். கார்பன்—ஹைட்ராஜன்—ஆக்ஸிஜன்—நைட்ராஜன் என்ற அடிப்பண்டங்களாலான பொருள்களே பெரும்பாலும் நமது உயிருக்கும், நாம் செய்யும் வேலைகளுக்கும் வேண்டப்பட்டவை. ஆகவே, கரியத்தாளங்களை (கார்பன் காம்பவுண்டுகளை)ப்பற்றி எடுத்துரைக்கும் ரஸாயனப் பகுதி மிகவும் முக்கியமானது, எனக் கருதப்படுகின்றது. அந்நூற்பகுதிக்கு 'இயமானக ரஸாயனம்' (ஆர்கானிக்கு கெமிஸ்ட்ரி) என்று பெயர்.

இயமானக ரஸாயனம் (ஆர்கானிக்கு கெமிஸ்ட்ரி)

இயமானகத் தாளங்கள் (ஆர்கானிக்கு காம்பவுண்டுகள்), பொதுவாக, அதிகவணுக்களாலானவை. ஆதலின், அவற்றின் மூலத்துகள் நிறை இயமானகமில்லாத்தாளங்களின் (இன் ஆர்கானிக்கு காம்பவுண்டுகளின்) மூலத்துகள் நிறைகளைவிட, சாதாரணமாக அதிகமாயிருக்கும். எனவே, இயமானகத் தாளங்கள் (ஆர்கானிக் காம்பவுண்டுகள்), 'கனமூலத்துகள்களால், (ஹெவி மாலிக்யூல்களால்) ஆனவை' எனக் கூறப்படுகின்றது. இயமானகத் தாளம் (ஆர்கானிக்கு காம்பவுண்டு) ஒன்றிலுள்ள அடிப்பண்ட அணுக்கள் ராடிகிள்களாய்த் திரட்டப்பட்டவாறு அதில் அமைந்துள்ளவை. ரஸாயன மாற்றங்களும் ராடிகிள்களாயானவாறே, அவை பதப்பிரிவினையாகி, வேறு வகைகளில் ஐக்கியம் ஆவதை யொட்டியே ஏற்படுகின்றன. அவ்வாறுள்ள ராடிகிள் சேர்வான அணுக்கட்டுகள், 'தொகுதிகள்' (Groups) எனப்படுகின்றன. முன்னர் கூறப்பட்டதான 'ஹைட்ராக்ஸைல் அயான்' என்பது, கரியத் தாளங்களின் (கார்பன் காம்பவுண்டுகளின்) பாற்பட்ட தொகுதி வகைகளிலொன்று. தொகுதிகளாய்ப் பிணைந்துள்ள அணுக்களைக்கொண்ட அத்தாளங்களின் (காம்பவுண்டுகளின்) தன்மைகள், அத்தொகுதிகளின் பான்மைகளைப் பொருத்தவாறாயிருக்கும். பிரத்தியேகமான அணுக்களின் தொகையை யொட்டியவாறு, அத்தாளங்கள் ஒன்றினொன்று அதிகமாய் வேறுபடா. ஒரேயளவு மூலத்துகள் நிறையான பல தாளங்கள் (காம்பவுண்டுகள்) வேற்றுமையானவையாய் இருக்கலாம். ஏனெனின், அவற்றிலுள்ள அடிப்பண்ட அணுக்கள் எவ்வகையான தொகுதிகளாய்க் கூடியுள்ளன என்பதையும் அத்தொகுதிகள் மூலத்துகளில் எவ்வாறு பொருந்தியுள்ளன என்பதையும் யொட்டியே தாளத்தின் தன்மைகள் உள்ளவை; தொகுதிகளின் உள்ளமைப்பும், பொருந்து வகையும் வேறுபடும்போது, தன்மைகள் வேறுபடுகின்றன; தன்மைகள் வேறுபட்டவற்றை வேற்றுமையானவை, என, நாம் கூறுகிறோம். ஆறு கார்பன்

அணுக்களேயும், பதினன்கு ஹைட்ரஜன் அணுக்களேயும் முறையே கொண்ட வேற்றுமையான இயமானகத் தாளங்கள் (கார்பன் காம்பவுண்டுகள்) ஐந்து உள்ளன. ஆதலின், இயமானக (ஆர்கானிக்கு) ரஸாயன நூன்முறையை யொட்டி, நாம் முன்னர் கூறிய ரஸாயனத் தாளக் குறியீடுகள் அனுசரிக்கப் படுவதில்லை. அம்முறையை யொட்டி, மேற்கூறப்பட்ட ஐந்து வேற்றுமை யான தாளங்களுக்கும் ஒரே குறியீடே தரப்படவேண்டியுள்ளது. ஆதலின் இயமானக ரஸாயன (ஆர்கானிக் கெமிஸ்ட்ரி) முறையையொட்டி, தாளங்கள் அவற்றிலுள்ள தொகுதிகளின் அமைப்பையும், மூலத்துகளில் அத்தொகுதி களின் பொருத்த வகையையும் யொட்டிய குறியீடுகளைக் கொண்டன. அது, 'பந்தனத் தொகுதிகள்' (லிங்கேஜ் குரூப்புகள்–Linkage Groups) முறை எனப்படுகின்றது.

இயமானக ரஸாயனம் (ஆர்கானிக்கு கெமிஸ்ட்ரி) சிறந்த வகையில் முறைப்படுத்தப்பட்ட நூல். அந்நூலறிஞர், மேற்கூறப்பட்டவாறான குறி யீடிட்டுக் காட்டப்பட்ட பொருள் ஒன்றின் தன்மைகள், அக்குறியீடுகளின் அமைவை அனுசரித்தவாறு எவ்வாறாயிருக்கவேண்டும் எனத் தீர்மானிக்க இயலும். பிறகு சோதனைசெய்து பார்த்தால், அப்பொருளின் தன்மைகள் அவர்களின் முடிவைச் சரியெனக் காட்டும் வண்ணமே யிருக்கின்றன. மருந்துகள், சாய வஸ்துக்கள், வாசனைத் தைலங்கள், முதலான பல பொருள்கள் சிறிது காலம் முன்வரை, பயிர்கள் பிராணிகள் மூலமாகவே பெறப்பட்டு வந்தன. இப்பொழுது, அவை, இயமானக ரஸாயனத் தெரியற்செயற்கையோரால் செயற்கையாகவே விளைவிக்கப்படுகின்றன. இயற்கைப் பொருளொன்றை அத் தெரியற் செயற்கையோர், ரஸாயனப் பகுப்பு முறையை (கெமிகல் அனலிஸிஸ்) யொட்டிப் பரி சோதனை செய்து பார்க்கின்றனர்; அதனின்று,

செயற்கைச் சேர்வு விளை பொருள்கள் (ஸிந்தடிக் பிராடக்டுகள்)

அப்பொருளின் பந்தனத் தொகுதி அமைப்பு எவ்வாறானது எனத் தெரிந்து கொள்கின்றனர்; பிறகு, கிட்டத்தட்ட அப்பொருளைப்போன்ற பந்தனத் தொகுதி அமைப்பைக் கொண்டதும், விலை சாசமானதும், அதிகமாய் அகப் படக்கூடியதும், ஆன மற்றொரு பொருளின் பந்தனத் தொகுதியமைப்பை, தாம் விரும்பும் பொருளினதை யொத்தவாறு மாற்றும் செய்படு கிரல்களை (புரோஸஸ்களை)க் கண்டுபிடிக்கும் ஆராய்ச்சிகளைத் துவங்குகின்றனர்; அச் செய்படு கிரல்கள் அறியப்படுகின்றன. அவற்றையொட்டி அதிகமாய்க் கிடைக் கும் பொருளின் உள்ளமைப்பைச் சற்றுமாற்றி, தாம் விரும்பும் பொருளின் பந்தனத் தொகுதியமைப்பைக் கொண்டதாய்ச் செய்துவிடுகின்றனர்; இயற்கை யாய் மட்டுமே கிடைத்த பொருள் செயற்கை முறையையொட்டி செய்யப்படு கின்றது. இவ்வாறானவை, 'செயற்கைச் சேர்வு விளைபொருள்கள்'

(ஸிந்தடிக்கு பிராடக்டுகள்)—(Synthetic Products) எனப்படுகின்றன. ஐம்பது ஆண்டுகளுக்கு முன் அவுரி நீலச் சாயம், அவுரிச் செடியினின்றே இறக்கப்பட்டு வந்தது. இப்பொழுது, அது, செயற்கைச் சேர்வு (ஸிந்தடிக்கு) முறையையொட்டி ஏராளமாய் செய்யப்பட்டு வருகின்றது. பாதாம் தைலமும், இலவங்கத்தைலமும், இன்னும் பல எஸ்ஸன்ஸ்களும், சூடமும், இன்னும் பலவும் இன்று செயற்கைச் சேர்வு (ஸிந்தடிக்கு) முறையையொட்டி சமைக்கப்படுகின்றன. அவற்றைத் தவிர, இதுகாறும் இயற்கையாக யில்லாதனவான நன் மருந்துப் பொருள்கள் பல செயற்கைச் சேர்வு (ஸிந்தடிக்கு) முறையை யொட்டி செய்யப்படுகின்றன. குளோரோபார்ம் (Chloroform) ஆஸ்பரின் (Aspirin). ஸால்வர்ஸான் (Salvarsan) என்ற கைகண்ட மருந்துகள் இயமானக ரஸாயினியால் (ஆர்கானிக் கெமிஸ்டால்) தோற்றுவிக்கப்பட்டவை. செயற்கை (ஸிந்தடிக்கு) ரப்பரையும், செயற்கைப்பட்டையும் அறியாதவர் யார்? கண்ணைக் கவரும் பல நிற ஆடைகள் தோய்க்கப்படும் சாயத் திரவியங்கள் செயற்கைச் சேர்வு (ஸிந்தடிக்கு) முறையை யொட்டி ஏற்பட்டவையே.

இயமானகத் தாளங்களின் மூலத்துகள்கள் (ஆர்கானிக்கு காம்பவுண்டுகளின் மாலிக்யூல்கள்), பந்தனத் தொகுதி (லிங்கேஜ் குரூப்பு) முறையை யொட்டி அமைக்கப்பட்டவை, என மேலே கூறினோம், அவற்றைத் தவிர பல பொருள்களின் மூலத்துகள்கள் பிணைந்து அப்பொருள்கள் எல்லாவற்றினின்றும் வேற்றுமையான மற்றொரு பொருளின் மூலத்துகள்களாய் அமைகின்றன. அவ்வாறு ஏற்பட்ட பொருளொன்றின் மூலத்துகளில், முன்னை மூலத்துகள்கள், சங்கிலியொன்றில் அதன் வளையங்கள் கோக்கப்பட்டுள்ளதைப் போன்று, தொடர்ந்தவாறு தொடுக்கப்பட்டுள்ளன. அவ்வாறுனவை 'சங்கிலித் தொடர் மூலத்துகள்கள்' (செயின் மாலிக்யூல்கள் — Chain molecules) எனப்படுகின்றன. ஆகவே, இயமானகத் தாளங்களின் சிறப்பு, அவற்றின் ரீதியான அமைப்பேயாம். அவ்வாறுன முறையை யொட்டி அவையுள்ளதினுலேயே, எண்ணற்றவையாயுள்ள அத்தாளங்களைத் தக்கவாறு வகை யீடு செய்ய இயல்கின்றது. பந்தனத் தொகுதி—நீளச் சங்கிலித் தொடர்—கிளை பிரிந்த சங்கிலித் தொடர்—கொக்கிச் சங்கிலித் தொடர்—வளையத் தொடர் என்ற பல வகைகளை யொட்டி அவை அமைக்கப்பட்டவை. அவ்வமைப்பு முறைகளை யொட்டியவாறு, இயமானகத் தாளங்கள் (ஆர்கானிக்கு காம்பவுண்டுகள்) ஹைட்ரோ கார்பன்கள் (Hydro-carbons), சாராயங்கள் (Alcohols), கார்போஹைட்ரேட்டுகள் (Carbohydrates), ஆல்டிஹைடுகள் (Aldehydes), கிடோன்கள் (Ketones), இயமானக ஆஸிட்கள் (Organic acids), எஸ்டர்கள்

இயமானகத்தாள மூலத்துகள் பந்தனவமைப்பு முறைகள்

(Esters), எண்ணெய்கள் **(Oils)**, கொழுப்புகள் **(Fats)**, நைட்ரஜனுள்ளவை, **(Nitro-Compounds)**, ஆல்கலாயிடுகள் **(Alkaloids)** என்ற முக்கியத் தொகுப்புகளின் பாற்பட்டவாறு, வகையீடு செய்யப்பட்டுள்ளன.

ஹைட்ரோ கார்பன்கள்

'பெட்ரோல்', ஒரு ஹைட்ரோ கார்பன்; மண்ணெண்ணெயும் ஹைட்ரோ கார்பனே. சில வகை விளக்குகளில் எரியவிடப்படும் அஸிடிலினும் ஹைட்ரோ கார்பனே. அஸிடிலினும் ஆக்ஸிஜனும் சேர்ந்தவாறு எரியவிடப் படுவதாலான அனல் மிகவும் சூடானது. எஃகைப் பற்றுவைப்பதற்காக உபயோகிக்கப்படும், ஊதுகுழாயில் (புளோ பைப் பில்), அவ்வாறான வாயுக் கலவை எரியவிடப்படு கின்றது. பூச்சிகள், துணி முதலியவற்றை அழிக் காமலிருக்க நமது பெட்டிகளில் போட்டுவைக்கும் 'பூச்சியுண்டைகள்', நாப்தலீன் **(Naphthalene)** என்றவை ஹைட்ரோ கார்பனால் செய்யப்பட்டவை. 'டர்பீன்கள்' **(Terpenes)** என்ற வகையான ஹைட்ரோ கார்பன்கள் குறிப்பிடத் தகுந்தவை. கற்பூரத் தைலம் **(Turpentine)**, எலுமிச்ச எண்ணெய் **(Oil of lemons)**, நீலகிரித் தைலம் **(Eucalyptus Oil)**, ரோஜாப்பூ எஸ்ஸன்ஸ், ஆரஞ்சு எஸ்ஸன்ஸ், சூடம், என்றவையும் இன்னும் பலவும் டர்பீன்கள் பாற் பட்டவையே. மலர்களின் மஞ்சள் நிறத்திற்கும், 'காரட்' வகை முள்ளங்கி யின் நிறத்திற்கும், இன்னும் பல கனிகளின் மஞ்சள் நிறத்திற்கும் காரணமான பொருள், காரோடீன் **(Carotene)** எனப்படும் ஒருவகை டர்பீனே. ஹைட்ரோ கார்பன்களில் ஹைட்ரஜனையும் கார்பனையும் தவிர வேறு அடிப்பண்டங்கள் எவையும் இல்லை. அவற்றின் தொகுதிகளையும், பந்தனங்களையும், தொகுப்பு களின் எண்ணிக்கையையும் யொட்டியே பல்லாயிரக் கணக்கான ஹைட்ரோ கார்பன்கள் வேற்றுமையான பொருள்களாய் உள்ளன. அவ்வாறான ஹைட்ரோ கார்பன்கள் ஒவ்வொன்றும், முறையே, பல்லாயிரக் கணக்கான 'உற்பவத் தரளங்கள்' (டெரிவேடிவ் காம்பவுண்டுகளுக்கு) மூலமானவை. ஹைட்ரோ கார்பன் ஒன்றிலுள்ள ஹைட்ரஜன் அணுக்களில் ஒன்றுக்காவது, சிலவற்றினுக் காவது ஈடாய் மற்ற அடிப்பண்ட அணுக்களை அமைப்பதாலும், மற்ற தொகுதி களைச் சேர்ப்பதாலும் 'உற்பவத்தரளங்கள்' (டெரிவேடிவ் காம்பவுண்டுகள்) ஏற்படுகின்றவை. அம்முறையை யொட்டி சில ஹைட்ரஜன் அணுக்களுக்குப் பதிலாய் குளோரின் அணுக்கள் அமைக்கப்பட்ட பொருள் 'குளோர பாரம்' **(Chloroform)** எனப்படுவது. அது வைத்தியத்தில் மிகவும் பயன்படுவது.

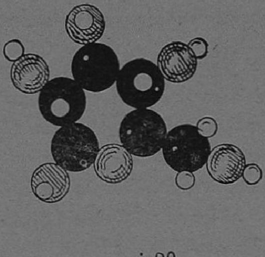
ஹைட்ரோ கார்பன் தொகுதிகளில் ஹைட்ரஜன் அணுவுக்குப் பதிலாய் ஒரு ஆக்ஸிஜன் அணுவையும் ஒரு ஹைட்ரஜன் அணுவையும் கொண்ட 'ஹைட் ராக்ஸைல்' அயான் பந்தனமான, தரளங்கள், சாராயங்கள் (ஆல்கோஹால்கள்

—**Alcohols)** எனப்படுகின்றன. கிளிஸரின், ஸ்டார்ச்சு, சர்க்கரை, ஸெல்லூலோஸ் என்றவை ஆல்கோஹால்கள் வகைகளே. மது, கள், பீர், வொயின், ஸாகி, பிராந்தி முதலானவையும் சாராயங்களே.

சாராயங்கள் சர்க்கரை யியலான கரையங்கள் காய்ச்சப்பட்டு சாராயம் இறக்கப்படுகின்றது. அது புளித்தேறலாக்கப்படுகின்றது. (பர்மண்ட் செய்யப்படுகின்றது--**Fermented**). புளித்தேறலைச் செய்பவை, புளிநொதி (ஈஸ்டு-**Yeast**) எனப்படும் யூனிஸெல்யூலரான நுண் பயிர். அது சர்க்கரைப் பொருள்களிலுள்ள குளூகோஸை, சாராயமாகவும் கார்பன் டைஆக்ஸைடாகவும் சிதிலமாக்கும் (டீ கம்போஸ் செய்யும்) ரஸாயன மாற்றத்தை யொட்டி, தான் உயிர் வாழ்வதற்கான சக்தியைப் பெறுகின்றது. மனிதரும் மற்ற பிராணிகளும், குளூகோஸும் ஆக்ஸிஜனும் ஐக்கியமாவதை யொட்டி சக்தியைப் பெறுகின்றன. புளிநொதி (ஈஸ்டு) உயிர்வாழ ஆக்ஸிஜன் தேவையில்லை. ஆதலின், ஈஸ்டு கலக்கப்பட்ட சர்க்கரைக் கரையத்தைப் புட்டியில் வைத்து அடைத்துவைத்தால், காலக்கிரமத்தில் அது சாராயமாகவும் கார்பன்டை ஆக்ஸைடாயும் மாறுகின்றது. பிறகு புட்டியைத் திறந்தால், சோடா புட்டியைத் திறந்தால் வெளிப்படுவதைப் போல, கார்பன் டைஆக்ஸைட் பொங்குகின்றது. புளிநொதி (ஈஸ்டு), குளூகோஸை சாராயமாகவும் கார்பன் டைஆக்ஸைடாகவும் மாற்றுவதற்கான செய்படுநிரல் (புரோஸஸ்) எதுவென்பதை ரஸாயினிகள் அறியார். ‘ புளித்தேறலாக்கல் ’ (பர்மண்டேஷன்-**Fermentation**) என்ற செய்படுநிரலை யொட்டிய ரஸாயன மாற்றத்தைத் தம் சாதனங்களைக் கொண்டு எற்படச் செய்ய அவர்களால் இயலாது. புளிநொதிப் பயிருக்கே (ஈஸ்டு பிளாண்டுக்கே) அவ்விரஸாயன மாற்றத்தின் இரகசியம் தெரியும் ; அம் மாற்றம் பயத்தப்பட அதன் துணையையே நாடவேண்டும். நீரில் கரையாத எண்ணெய்ப் பொருள்களில் பலவும் கொழுப்புப் பொருள்களில் பலவும், சாராயத்தில் (ஆல்கோஹாலில்) கரைகின்றன. அதனாலேயே வாசனைத்திரவியங்களைக் கரைக்கவும், ‘ வார்னிஷ் ’ கரைக்கவும், சாராயங்கள் (ஆல்கோஹால்கள்) உபயோகிக்கப்படுகின்றன. சாராயங்களில் இரு வகைகள், முக்கியமாய் உண்டு. அவை மீதைல் ஆல்கோஹால் (**Methyl Alcohol**), ஈதைல் ஆல்கோஹால் (**Ethyl Alcohol**) எனப்படுபவை. மீதைல் ஆல்கோஹால், மரக்கட்டைகள் முதலான ஸெல்யூலோஸ் பொருள்களிலிருந்து செய்யப்படுபவை. அவை நச்சுத் தன்மையானவை ; அருந்தத் தகாதவை, ஈதைல் ஆல்கோஹால், ‘ குளூகோஸ் ’ வகையினவான சர்க்கரை யியலான பழரஸம், தானியங்கள், முதலானவற்றினின்று காய்ச்சி யிறக்கப்படுகின்றவை. அவையே மதுபானமாய் அருந்தப்படுகின்றவை.

சர்க்கரைப் பொருள்களும் மாவுப் பொருள்களும் (ஸ்டார்ச்சுகளும்) 'கார்போ ஹைட்ரேட்டுகள்' என்ற வகுப்பில் அடங்கியவை. அவற்றின் மூலத்துகள்கள் பெரிதானவை. அவற்றில் மிகுதியான 'ஹைட்ராக்ஸைல்' தொகுதிகள் உண்டு. அவை செயற்கைச் சேர்வு (விந்தடிக்கு) முறையையொட்டி செய்யப்படல் கடினம். ஆயினும் பயிர்கள் அவற்றைச் சுலபமாய் உண்டாக்குகின்றன. அவை, எவ்விரகசிய வழியாய், சர்க்கரைப் பொருள்களையும் (ஸ்டார்ச்சுகளையும்) மாவுப்பொருள்களையும் ஆக்குகின்றன, என்பதை தெரியற்செயற்கையோர் இன்னும் கண்டுபிடிக்கவில்லை. அவ்விரகசியத்தை நாம் தெரிந்துகொண்டால், நாமே காற்றையும் தண்ணீரையும் உப்புக்களையுங்கொண்டு சூரிய வெளிச்சத்தைப் பயன்படுத்தி,நமக்கு வேண்டியதான உணவைச் சமைத்துக்கொள்ளலாம். ஆனால், அவ்விரகசியத்தை நாம் அறியாததால், நமக்கு மிகவும் அவசியமான சர்க்கரைப் பொருள்களையும், ஸ்டார்ச்சுகளையும் பயிர்களினின்றே பெறவேண்டியுள்ளது. குளுகோஸின் மூலத்துகள் அமைப்பே, ரஸாயன முறையையொட்டி, சர்க்கரைகள் எல்லாவற்றிற்கும் பொதுவானதெனக் கருதப்படுகின்றது. நமது உடலின் சக்திக்கான பரிபூர்ண உணவு, குளுகோஸ்; ஏனென்றால், அது எவ்வகையிலும் மாற்றமாகாது, அப்படியே நமது இரத்தத்தில் நேரே செல்வது. தேனிலுள்ள தித்திப்புப் பொருள் குளுகோஸ் வகையானது. பழங்களிலுள்ள தீம்பொருள்

கார்போஹைட்ரேட்டுகள்

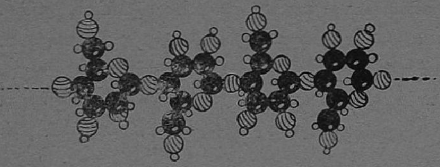


படம் 90

குளுகோஸ் மூலத்துகள் அமைமுறை

'பழவம்' (புருக்டோஸ்-**Fructose**) எனப்படுகின்றது. அதுவும் குளுகோஸைப் போன்று அப்படியே இரத்தத்தில் சேர்வது. கரும்புச் சர்க்கரை முறையே இரண்டு குளுகோஸ் மூலத்துகள்கள் தொடுக்கப்பட்ட மூலத்துகள்களைக் கொண்டது. அது 'கரும்பம்' (ஸுக்ரோஸ்-**Sucrose**) எனப்படுகின்

றது. தானிய வகைகளிலுள்ள சர்க்கரை 'யவையம்' (மால்டோஸ்-**Maltose**); பாலிலுள்ளது. 'பாளிதம்' (லாக்டோஸ்-**Lactose**). ஸ்டார்ச்சை ஆஸிட்களுடன் சேர்த்துக் கொதிக்கவைத்தால் சர்க்கரைகள் பயத்தப்படுகின்றன. ஸ்டார்ச்சு, முக்கியமான உணவுப் பொருள். நமது உணவில் பெரும் பகுதி ஸ்டார்ச்சாலானது. கோதுமையும் உருளைக்கிழங்கும் அரிசியும் மரவள்ளிக்கிழங்கும் ரவையும் இன்னும் பலவும் பெரும் பகுதிகளில் ஸ்டார்ச்சேயாம். அவற்றில் சிறிதளவு நைட்ரஜன் தராளங்களும் (காம்பவுண்டுகளும்) உள்ளன; இவற்றின் வீதம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க ஊட்ட வீதமும் முறையே அதிகமாகும். ஸ்டார்ச்சின் மூலத்துகள் இருபது குளுகோஸ் மூலத்துகள்களின் பந்தனத்தினுலானது. அது ஜீரணமாகும்போது, பந்தம் விட்ட கன்று, அம்மூலத்துகள்கள் முதலில் மால்டோஸாகி, பிறகு குளுகோஸாய் ஆகின்றன. பயிர்களின் நார்கள் இருநூறு குளுகோஸ் மூலத்துகள்கள் தொடுக்கப்பட்ட 'ஸெல்யூலோஸ்' (**Cellulose**) பொருளாலானவை. காகிதம், பருத்தி நூல், – கயிறு, – சணல்



படம் 91

ஸெல்யூ லோஸ் மூலத்துகள் அமைமுறை

நார், – தென்ன நார், – மரக்குச்சி – என்றவற்றையும் இன்னும் அவைபோன்றவற்றையும் இழுத்து அறுப்பது கஷ்டம். அவற்றிலுள்ள ஸெல்யூலோஸினது குளுகோஸ் மூலத்துகள்களின் தொடுப்புப் பந்தன வலிமையே, அப்பொருள்களின் நெடுக்கை வலிமையைத் தருவது. செயற்கைப்பட்டு (ஆர்ட் ஸில்கு — **Art Silk**) எனப்படுவது மரம் ஊறிய களி (**Wood Pulp**) யினின்று செய்யப்படுவது. அக்களி காஸ்டிக் ஸோடா (**Caustic Soda**)க் கரையத்தில் நன்கு ஊற வைக்கப்படும். சில மணி நேரமானபின், அதனுடன் கார்பன் பைஸல்பைட் (**Carbobisulphide**) என்ற திரவம் கலக்கப்படுகின்றது. அவ்வாறுள்ள களிமொத்தை, அதிகமான காஸ்டிக் ஸோடாக் கரையத்தில் கரைக்கப்படுகின்றது. அப்பொழுது அது பாகுபோன்றுள்ள ஸெல்யூலோஸ் கரையமாய் ஆகின்றது. அப்பாகு, சல்லடைக் கண்களைப்போல் மிகச் சிறியவையான இடுக்குகளின் வழியே ஹைட்ரோக்ளோரிக் ஆஸிட் கரையத்தினுள் பீர்க்கப்படுகின்றது. வலிவுடன் பீர்க்கப்பட்ட அத்திரவப் பீர்க்குகளிலுள்ள காஸ்டிக் ஸோடா ஹைட்ரோக்ளோரிக் ஆஸிடால் நண்ணுக்கப்படுகின்றது (நியூட் ரலைஸ் செய்யப்

படுகின்றது). ஆதலின், அப்பீர்க்குகளிலிருந்த திரவப்பகுதி, அகற்றப்பட்டு அவை ஸெல்யூலோஸினுலான மெல்லிய இழைகளாய் அமைகின்றன. அவை நன்ருய்க் கழுவப்பட்டு, சலவை செய்யப்படுகின்றன. பிறகு நூலாய் முறுக்கேற்றப்பட்டு, செயற்கைப் பட்டாய் நெய்யப்படுகின்றன. ஆயினும் அவ்வாருன செயற்கைப் பட்டு (ஆர்ட்ஸில்கு) அசல் பட்டினின்று முற்றும் வேற்றுமையான பொருள். அசல் பட்டில், கார்பன் – ஆக்ஸிஜன் – ஹைட்ரஜன் – நைட்ரஜன் என்ற அடிப்பண்டங்கள் உள்ளன. 'ஆர்ட்ஸில்கு' என்ற போலிப்பட்டில் நைட்ரஜன் இல்லை. அது பார்வைக்கு மட்டுமே பட்டு; அதன் இழைகள் அசல் பட்டிலுள்ளதைப் போன்று பளபளப்பும் மிருதுவும் ஆனவை ; அவ்வளவே.

கரித்தாரும் அதன் விளைபொருள்களும்

பீனல் (**Phenyl**) என்ற கார்பாலிக்கு ஆஸிடும், கிரிஸோல் (**Cresol**) என்ற மற்ருெரு கிருமி நீக்கியும் (டிஸ்இன்பக்டெண்டு – **Disinfectant**) இன்னும் பல ஹைட்ராக்ஸி தாளங்களும் (**Hydroxy-compounds**), கரித்தார் (கோல்டார் – **Coal-tar**) என்றதினின்று விளைவிக்கப் படுகின்றவை. கோல்டாரினின்று, பயனுறு பொருள்கள் பல செய்யப்படுகின்றன. அவை பின் வருமாறும்:

(1) பென்ஜீன் (**Benzene**), டவுலீன் (**Toulene**) என்ற ஹைட்ரோகார்பன்கள். இவை மோட்டார்கார்களில் எரிக்கொள்ளியாக (பூயலாக) உபயோகப்படுகின்றவை. அவற்றினின்று பல சாயச் சரக்குகளும் மருந்துகளும் செய்யப்படுகின்றன.

(2) பீனலும் பலவகை கிரஸோல்களும் சேர்ந்துள்ள கிரியோஸோட் (**Creosote**) என்ற பொருள்; அது மரச் சாமான்கள் கெடாமலிருக்கும்படியான மேற்பூச்சுக்காகப் பயன்படுவது. கிருமி நீக்கிகள் (டிஸ்இன்பக்டெண்டுகள்) செய்யவும் உபயோகப்படுகின்றது.

(3) நாப்தலீன் (**Naphthalene**) : இது சாதாரணமாய் பூச்சியுண்டைகள் செய்யப்படும் பொருள்; நிலத்து உரன் பூச்சிகளால் பாழ்படாதவாறு, தெளிக்கப்படுகின்றது. அதனின்று சாயச்சரக்குகளும் செய்யப்படுகின்றன.

(4) ஆந்தரஸின் (**Anthracene**) : சாயச்சரக்குகள் செய்யப்பயன்படுவது.

(5) தார். சாலைகளின்மீது போடுவதற்குப் பயன்படுவது. கோல்டாரினின்று விளைவிக்கப்படும் பொருள்கள் ஏராளமானவை. அதை மூலமாயக் கொண்ட சாயப்பொருள்களின் தொகைமட்டுமே, பதினோராயிரத்திற்கு மேலானது என மதிப்பிடப்பட்டுள்ளது.

ஆல்டிஹைடுகள்

ஆல்டிஹைடுகள் எனப்படுபவை, கார்போஹைட் ரேட்டுகளின் அமைப்பான 'சங்கிலித் தொடரின்' முடிவிலுள்ள கார்பன் அணுவின்மீதுள்ள இரண்டு ஹைட்ரஜன் அணுக்களுக்குப்பதிலாக ஒரு ஆக்ஸிஜன் அணுவைக்கொண்ட அமைப்பினவை. ஆல்டிஹைடுகளில் எல்லோரும் அறிந்தது, பார்மால்டிஹைடு (**Formaldehyde**) எனப்படுவது. அது ஒருவாயு; நீரில் கரையக் கூடும். அது நீரில் கரைக்கப்பட்ட கரையம் பார்மலின் (**Formalin**) எனப்படுவது. அது புரோட்டீன்களை விறைப்பாக்கும் தன்மையானது. ஆதலின், கோது செய்து (டிஸ்ஸக்ட் செய்து) பரிசோதனை செய்யப்படவேண்டிய உடற்கள், பார்மலினில் தோய்த்து வைக்கப்படுகின்றன. பார்மலினின் முக்கியமான உபயோகம், 'இளக்கலிகள்' (பிளாஸ்டிக்குகள்-**Plastics**) என்ற பொருள்களைச் செய்தல், என்பதே. 'இளக்கலிகள்' (பிளாஸ்டிக்குகள்) வலிமையும் உறுதியுமான பொருள்கள். ஆயினும், அவற்றைக்கொண்டு தேவையான வஸ்துக்களை உருவாக்கலும், எளிது. ரேடியோ ஸெட்டுகளின் வெளிப்பெட்டிகள், சோப்புப் பெட்டிகள், மின்சார விளக்கு ஸ்விட்சுகள், ஸிகரெட் கேஸ்கள், முதலான பல சாதாரண பொருள்கள் 'பேகிலைட்டு' (**Bakelite**) என்ற இளக்கலி (பிளாஸ்டிக்)யைக்கொண்டு உருவாக்கப்படுகின்றன. பினுலும், பார்மலினும் சேர்க்கையாவதாலான பொருள் 'பேகிலைட்டு.' பினுயிலின் வளையப்பந்தன மூலத்துகள்களினிடை பார்மால்டிஹைடின் கொக்கிப்பந்தன மூலத்துகள்கள் கோக்கப்படுவதால், உறுதியான பொருளொன்று எற்படுகின்றது. பினுலையும் பார்மலினையும் சேர்த்துச்சூடேற்றினுல், அரக்குபோன்ற பொருளொன்று எற்படுகின்றது. அந்நிலைமையிலுள்ளபோதே, அப்பொருளால் செய்யப்படவேண்டிய வஸ்துக்கள் அச்சில் வார்க்கப்பட்டு உருவாக்கப்படுகின்றன. அவை குளிர்ந்து, கெட்டிப்படுகின்றன.

கீடோன்கள்

கீடோன்களில், நடுவோட்டத்து கார்பன் அணுக்களின் மீதுள்ள இரண்டு ஹைட்ரஜன் அணுக்களுக்குப்பதிலாய், ஆக்ஸிஜன் அணுவொன்றிருக்கும். 'அஸிடோன்' என்பது முக்கியமான கீடோன். அது நீரில் கரையாத பல பொருள்களைக் கரைக்கப் பயன் படுவது.

இயமானகப்புளியங்கள் (ஆர்கானிக்கு ஆஸிட்டுகள்)

இயமானகப்புளியங்கள் (ஆர்கானிக்கு ஆஸிட்கள்) ஒரு முக்கியமான வகுப்பினவை. அவை, பொதுவாக, ஒரு கார்பன் அணுவின்மீது ஒரு ஆக்ஸிஜன் அணுவும் கீழ் ஒரு ஹைட்ராக்ஸைல் தொகுதியுமான, பலபந்தனமான மூலத்துகள்களைக் கொண்டவை. புளிக்காடி (வினிகர்-**Vinegar**)யிலுள்ளது 'அஸிடிக் ஆஸிட்' என்ற இயமானகப்புளியமே (ஆர்கானிக்கு ஆஸிடே). மதுவொன்றைத் துவர்க்கப்பண்ணுவதால், புளிக்காடி எற்படுவது. சாராயமும் (ஆல்கோஹாலும்)

ஆக்ஸிஜனும் ஐக்கியமாகும், செய்படுசிரலே (புரோஸஸே) 'துவர்ப்பாக்கல்' (ஸவரிங்கு-**Souring**) எனப்படுவது. அவ்வாறு, அவை ஐக்கியமாகி, ஆஸிடிக் ஆஸிடும் நீருமாய் ஆகின்றன. இச் செய்படுசிரலே (புரோஸஸை) யொட்டிய ரஸாயன மாற்றத்தைச் சோதனைச் சாலேயில் அமைக்க இயலும். ஆயினும் தொழிற்சாலேகளில், 'ம்யூகோடர்மா அஸிடி' (**Mucoderma aceti**) என்ற பயிரொன்றைக்கொண்டே, அவ்விரஸாயன மாற்றம் செய்விக்கப்படுகின்றது. அப்பயிர், அவ்வாறான ரஸாயன மாற்றத்தை யொட்டித்தன் சக்தியைப்பெறுவது. அவ்வாறு செய்யப்படும் புளிக்காடி, ஒருவகை நறுமணத்துடன் உள்ளது. சோதனைச்சாலே முறையை யொட்டி செய்யப்படுவதில் அம்மணம் இல்லே. மரக் கட்டைகள் முதலான ஸெல்யூலோஸ் பொருள்களேச் சூடேற்றி, அவற்றினின்று வரும் புகையைக் குளிரவைத்துத் திரவமாக்குவதாலும், தொழிற்சாலேகளில், ஆஸிடிக் ஆஸிட் செய்யப்படுகின்றது. இது 'புளிக்காடி' அன்று. இவ்வாறு பேரளவில் சொற்ப செலவில் உண்டாக்கப்படும் அஸிடிக் ஆஸிட், பலவகையான ரஸாயனப்பொருள்கள் செய்யப்படுவதற்கான பொருள்களிலொன்றென அதிகமாய் உபயோகப்படுகின்றது. அது விற்பனே (கம்மர்ஷியல்-**Commercial**) அஸிடிக் ஆஸிட், எனப்படுகின்றது.

சாராயமொன்றும் (ஆல்கோஹாலும்) இயமானக ஆஸிட் ஒன்றும் ஐக்கியமாவதால் ஏற்படும் பொருள் 'எஸ்டர்' (**Ester**) எனப்படுகின்றது. ஆல்கோஹாலேயும் அஸிடிக் ஆஸிடையும் சேர்த்துக்காய்ச்சி இறக்கினுல், அவை ஈதைல் அஸிடேடும் (**Ethl acetate**) நீருமாய் ஆகியுள்ளன. அது ஒருவகைப்பழ மணத்துடனுள்ளது. இவ்வகை எஸ்டர்கள் பழமணத்துடனுவது, மலர் மணத்துடனுவது உள்ளன. ஆதலின், அவை பழ எஸ்ஸன்ஸ்களாயும், மலர் எஸ்ஸன்ஸ்களாயும் பயன்படுகின்றன. 20 சதவீதம் அமைல் அஸிடேடும், 10 சதவீதம் ஈதைல் நைட்ரைடும், 5 சதவீதம் ஈதைல் அஸிடேடும், 70 சதவீதம் ஆல்கோஹாலும் சேர்க்கப்பட்டதாலானது, வாழைப்பழ எஸ்ஸென்ஸ். அதைக் கொண்டு வாழைப்பழ மணங்கமழும் சர்பத்துகளும், பெப்பர்மிண்டுகளும் செய்யப்படலாம். வாழைப்பழ எஸ்ஸென்ஸ் வாழைப்பழங்களினின்று செய்யப்பட்டதன்று; செயற்கையாய்ப் பல ரஸாயனப் பொருள்களேச் சேர்த்து மேற் கூறியவாறு செய்யப்படுவது. அம்முறையையொட்டியே, மல்லிகைப்பூ எஸ்ஸென்ஸ், அனுஸாப்பழ எஸ்ஸென்ஸ் என்றவையும் இன்னும் பலவும் செய்யப்படுகின்றன.

எஸ்டர்கள்.

அமைல் ஆல்கோஹால் (**Amyl alcohol**) என்ற எஸ்டர், சாதாரண ஆல்கோஹாலினின்று சற்றே வேறுபட்ட அமைப்பினது. சாதாரண ஆல்கோஹால் இரு கார்பன் அணுக்களேக்கொண்ட சங்கிலித்தொடர் பந்தனமானது; அமைல் ஆல்கோஹால் ஐந்து கார்பன் அணுக்களேக்கொண்ட சங்கிலி பந்தனமானது. அது, சினிமா படங்கள் காண்பிக்க உபயோகிக்கப்படும் 'பில்ம்களின்'

அமைப்பொருளான ஸெல்யூலாயிடைக் கரைக்கும். ஆதலின் அவ்வாருன ‘பில்ம்கள்’ அறுபடும்போது, அவற்றைச்சேர்த்து ஒட்டுவதற்கான பசைப்பொருளில் அது கலக்கப்படுகின்றது. ஸெல்யூலோஸ் பொருள்கள் அமைல் ஆல்கோஹாலில் கரைக்கப்பட்டு, ஓவியம் தீட்டும் வர்ணச்சாந்துகள் செய்யப்படுகின்றன. ஸெல்யூலோஸ் வர்ணச்சாந்துகள் கெட்டியானவை; சூட்டினுல் கரைந்து வழியாதவை; எண்ணெய்ப்பசையால் கெடாதவை; அவற்றைக்கொண்டு தீட்டப்பட்ட படங்களை பெட்ரோலை யூற்றிக்கூட அழித்துவிட முடியாது; படத்தை எழுதும் குச்சின் (பிரஷின்) அடையாளக்கீற்றுகள் காணப்படாதவாறு, அச்சாந்து சமச் சீராய்ப்பரவும்.

கொழுப்புகளும் எண்ணெய்களும் எஸ்டர் வகையினவே. அவற்றில் ஒரு கார்பன் அணுவும் இரண்டு ஆக்ஸிஜன் அணுக்களும் ஒரு ஹைட்ரஜம் அணுவும் உள்ள தொகுதிகள் நீள் சங்கிலித் தொடர் பந்தனமானவை. முதல் தொகுதிகள் கிளிஸிரனியாலானவை; நீள் சங்கிலித்தொடர் ஆஸிடியிலினது. அதனுலேயே, கொழுப்புகளும் எண்ணெய்களும் ரஸாயனீயமாய் பதப்பிரிவினைப்படும்போது, கிளீஸரனுயும் கொழுப்பு ஆஸிட்களாயும் ஆகின்றன. கொழுப்புகளும் எண்ணெய்களும் பயிர்களினின்றும், பிராணிகளினின்றும் பெறப்படுகின்றன. அவற்றைச் செயற்கையாய் உண்டாக்க இயலும். ஆயினும் அவ்வாறு செய்வதற்கான செலவு அதிகமாகும். கொழுப்புகள், நமது உணவுப்பொருள்களின் பகுதிகளாய்ப்பயன் படுவதைத்தவிர மற்ற முக்கியமான இரு வழிகளில் உபயோகப்படுகின்றன. சோப்புகள் செய்வதற்கும், வழுக்கல் பொருள் (லூப்ரிகண்டு)களாகவும், அவை, பெருவாரியாய் வேண்டப்படுகின்றன. உணவுப்பொருள்களுக்கான கொழுப்புவகைகள் எவை என்பதைப்பற்றி முன்னரே கூறியுள்ளோம். மீன் எண்ணெய்கள் கொழுப்பையும் பல வைட்டமின்களையும் கொண்டவை; எனவே, அவை ஊட்டமிக்கவை. ஆயினும், அவற்றின் கவிச்சு நாற்றமும், அருவருப்பான சுவையும், அவற்றை உட்கொள்ள முடியாதவாறு செய்துவிடுகின்றன. அவ்வெண்ணெய்களை, நன்ருய் அரைத்துப்பொடியாக்கப்பட்ட நிக்கல் தூளுடன் சேர்த்து, நல்ல சூட்டில் காய்ச்சி, அந்நிலைமையிலுள்ளபோது அவற்றினூடே ஹைட்ரஜன் வாயு வீசும்படி செய்தோமாயின், அவை ஹைட்ரஜனுடன் ஐக்கியம் (கம்பைன்) ஆகி, எவ்வகைச் சுவையும் நாற்றமும் இல்லாதனவாய் ஆகின்றன. இவ்வாருன ரஸாயன மாற்றத்தின்போது, நிக்கல்தூள், தூண்டி நடத்தி (காடலிஸ்டு) ஆனது. சுவையும் நாற்றமுமற்ற அக்கொழுப்புத் திரவத்தினின்று, நிக்கல் பொடியை வடிகட்டி அகற்றிவிடலாம். அதன் பிறகு, அம்மீன் எண்ணெய்களை அருவருப்பின்றி உட்கொள்ளலாம். கொழுப்புக்களை உபயோகித்து, சோப்புக்களைச் செய்யும் வகை பின்வருமாரும். முதலில், தக்க ரஸாயன செய்படு நிரல்களை

கொழுப்புகளும் எண்ணெய்களும்

(புரோஸஸ்களை)யொட்டி கொழுப்புக்கள் கிளிஸரினும் கொழுப்பு ஆவிட்களாயும் பதப்பிரிவினையாக்கப்படுகின்றன. (கொழுப்புஆவிட்களின் ஆவிடிடித்திறன் மிகக் குறைவானது. அதனாலேயே, நம்முடலினுள் உள்ளபோது நமக்கு ஒரு விதத் தீங்கும் இழைக்காதுள்ளன.) கிளிஸரினில் கொழுப்பு ஆவிட்கள் மிதந்து கொண்டிருப்பன. அவ்வாறான கிளிஸரினும் கொழுப்பு ஆவிட்களும், கொதித்துக்கொண்டிருக்கும் காஸ்டிக் ஸோடாக் கரையத்தினுள் பாய்ச்சப்படுகின்றன. அப்பொழுது அவை காஸ்டிக் ஸோடாவுடன் ஐக்கியம் (கம்பைன்) ஆகி சோப்பாய் ஆகின்றன. மட்டரகமான சோப்புகளைச் செய்ய 'காஸ்டிக் லைம்' என்ற சுண்ணாம்பு உபயோகிக்கப்படுகின்றது. ஆகவே, சோப்புக்கள் கொழுப்பு ஆவிட்களும் ஆல்கலிப்பொருளும் சேர்வதாலான உப்பங்களாம். சாதாரணமான நீரைக்கொண்டு எண்ணெய்ப் பசையைக்கழுவி நீக்கமுடியாது. சோப்புப் பொருள், எதுவொன்றினின்றும் எண்ணெய்ப்பசையை அகற்றுவதற்கானவாறு நீரின்தன்மையைச்சற்று மாற்றுகின்றது. சோப்பு சிறிது ஆல்கலைன உப்பம்; ஏனென்றால், ஆவிடிடித்திறன் குறைந்த ஆவிடும், ஆல்கலினிடி அதிகமான காஸ்டிக்குப் பொருளும் ஐக்கியம் (கம்பைன்) ஆவதால், அது, உண்டானது. ஆல்கலைன்பொருள் அரிக்கும் தன்மையானது. எனவே நன்றாய்ப்படிந்து ஒட்டிக்கொண்டுள்ள அழுக்கையும் அது அரித்துவிடும்: ஆகவே, எண்ணெய்ப்பசைக்கறைகளையும், தூசிபடிந்த அழுக்கையும் ஒருங்கே நீக்கவல்லது, சோப்பு.

இயமானக (ஆர்கானிக்கு) நைட்ரஜன் தரளங்களை (காம்பவுண்டுகளை) இனிக் கவனிக்கலாம். அவை, ஒரு நைட்ரஜன் அணுவும் இரண்டு ஹைட்ரஜன் அணுக்களுமுள்ள தொகுதிகளாலாவது, ஒரு நைட்ரஜன் அணுவும் இரண்டு ஆக்ஸிஜன் அணுக்களுமமைந்த தொகுதிகளாலாவது, இரண்டு நைட்ரஜன் அணுக்களைக் கொண்ட தொகுதிகளாலாவது, இன்னும் பல வகைத் தொகுதிகளாலாவது பந்தனமானவை. அவற்றில், ஒரு நைட்ரஜன் அணுவும் இரண்டு ஹைட்ரஜன் அணுக்களுமுள்ள தொகுதிகளின் பந்தனத்தாலானவை, அமீனோத் தரளங்கள் (காம்பவுண்டுகள்), எனப்படுகின்றன. அமினோத் தரளங்களில் பலவகைகள் உண்டு. அவற்றில் சிலவற்றைப்பற்றிக் கவனிப்போம்.

இயமானக வேடியத் தரளங்கள் (ஆர்கானிக்கு நைட்ரஜன் காம்பவுண்டுகள்)

நமக்கு முக்கியமானவை, அமினோ ஆவிட்களே. ஆவிடிக்ஆவிட் மூலத்துகளில், ஒரு ஹைட்ரஜன் அணுவுக்குப் பதிலாய் ஒரு நைட்ரஜன் அணுவையும் இரண்டு ஹைட்ரஜன் அணுக்களையும் கொண்ட தொகுதி யொன்றை அமைத்தால், அடிப்படை வகையினதான அமீனோஆவிட் மூலத்துகள் ஒன்று ஏற்படும். அவ்வாறான அமீனோஆவிடுக்கு கிளிஸின் (Glycine) என்று பெயர். அதைவிடச் சிக்கலான அமீனோ ஆவிடுகள் பல சேர்வதால் அமைக்கப்

படுவது புரோட்டீன் மூலத்துகள். நமது உடல், இரத்தம், மூளை, தசை, மயிர், நகம் என்ற பலவும் புரோட்டீன் பொருள்களாலானவையே. அவை, பல அளவினவை. சிறிய புரோட்டீன் மூலத்துகள் ஒன்று நீர் மூலத்துகள் ஒன்றைவிட ஈராயிரம் மடங்கு பெரிதானது, புரோட்டீன்களை ரஸாயனப்பகுப்பு முறையை (கெமிகல் அனலிஸிஸ்) யொட்டிப் பதப் பிரிவினை செய்தால், அவை பலவகையான அமீனோஆஸிட்களாய் ஆகின்றன. அமீனோ ஆஸிட் ஒன்றினது மூலத்துகளில் இரண்டு நடு கார்பன் அணுக்கள் தொகுதியும், அதனுடன் பந்தனமான நைட்ரஜன் அணுவொன்றும், நைட்ரஜன் அணுவுடன் பந்தனமான இரண்டு அணுக்கள் தொகுதியும், நடுக்கார்பன் அணுக்களுடனேயே பந்தனமான ஹைட்ரஜன் அணுவொன்றும் ஆக்ஸிஜன் அணுவொன்றும், ஹைட்ராக்ஸைல் தொகுதியொன்றும், எவ்வகையினதாயினுமான மற்றொரு பந்தனத்தொகுதியும் சங்கிலிக்கொக்கி வளைய முறையையொட்டி அமைக்கப்பட்டுள்ளன. புரோட்டீன்களினின்று இருபது வேற்றுமை வகையான அமீனோ ஆஸிட்கள் செய்யப்பட்டுள்ளன. அவை, இரண்டாகவோ பலவாகவோ ஐக்கியம் (கம்பைன்) ஆவதால், இன்னும் பலவகையான அமீனோ ஆஸிட்கள் பயத்தப்படுகின்றன. நமது உணவு ஜீரணமாகும்போது ஏற்படும் அமீனோ ஆஸிட்கள், பத்துப் பதினைந்து வகையான வேறு அமீனோ ஆஸிட்கள் ஐக்கியம் (கம்பைன்) ஆனதொன்றின் அமைப்பைக்கொண்டுள்ளன. புரோட்டீன் மூலத்துகள்கள் போன்றவற்றைப் பரிசோதனை செய்வதற்கு சாதாரண ரஸாயனப் பகுப்புமுறை அதிக பயனுடைத்ததன்று. எக்ஸ்ரேக்களை (**X-rays**)க்கொண்டு பரிசீலனை செய்ததால், புரோட்டீன் மூலத்துகள்களின் பொதுவான அமைப்புமுறை ஒருவாறு அறியப்பட்டுள்ளது. ஆயினும் அவ்வமைப்பின் நுட்பங்கள் இன்னும் அறியப்படவில்லை.

ஒரு நைட்ரஜன் அணுவையும் இரண்டு ஆக்ஸிஜன் அணுக்களையும் கொண்ட தொகுதிகள் முக்கியமாயுள்ளவை, நைட்ரோத்தரளங்கள் எனப்படுகின்றன. அவையெல்லாம் பொதுவாக சாயச் சரக்குகளும், வெடி மருந்துகளுமேயாம். டி. என். டி. நைட்ரோகிளிஸரின் முதலானவை அவ்வகையினவை.

ஆல்கலாயிடுகள் (**Alkaloids**) என்றவை, பொதுவாக பயிர்களினின்று செய்யப்படும் மூலிகைகளிலுள்ளவை. அவை, பொதுவாக கடும் விஷப் பொருள்கள். ஆயினும், அவை தக்கவாறான வகைகளில் பயன்தருபவையே. அவை, நைட்ரஜன் அணுவொன்று இடைப்பட்ட கார்பன் அணுக்களைக் கொண்ட வளைய வகைப் பந்தனமான மூலத்துகள்களைக் கொண்டவை. அவற்றில் சிலவற்றைப் பற்றிக் கூறலாம்.

ஆல்கலாயிடுகள்

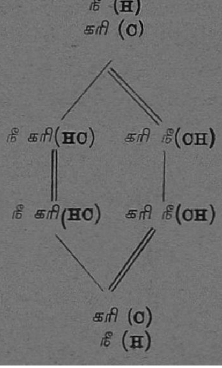
புகையிலையினின்று எடுக்கப்படுவது 'நிகோடின்' (**Nicotine**) எனப்படுகின்றது. அது பயிர்களை அழிக்கும் பீடைகளைக் கொல்லப் பயன்படுகின்றது. ஊமத்தையைப் போன்ற நைட்ஷேட் (**Night Shade**) என்ற பயிரினின்று இறக்கப்படுவது ஆட்ரோபின்(**Atropine**)

என்ற ஆல்கலாயிட். அது கடும் விஷம். ஆயினும் கண் பரீக்ஷை செய்வதற்காக கண்பாப்பாவை (புயூபிலே-**Pupil**) விரியச் செய்வதற்குப் பயன்படுகின்றது. கோகா (**Coca**) ப்பயிர் என்றதினின்று கிடைக்கும் கோகேயின் (**Cocaine**) சிறிதளவுப் பரப்பான இடத்தில் நரம்புகளை மரத்துப்போகச் செய்வதற்காக, இஞ்சக்ட் செய்யப்படப் பயன்படுவது. இதுவும் கடும் விஷமே. ஸின்கோனு (**Cinchona**) என்ற மரத்தின் பட்டையினின்று பெறப்படுவது, கொயினு (**Quinine**); அதன் உபயோகத்தை எல்லோரும் அறிவர். விஷமல்லாத ஆல்கலாயிட் அது வொன்றே. கசகசாவினின்று காய்ச்சப்படும், அபினி (**Opium**), மயக்கத்தைத் தந்து மெய்ம்மறக்குமாறு செய்யும் ஆல்கலாயிடு. ஸ்ட்ரிக்னுஸ்பீன் (**Strychnos Bean**) என்றதினின்று உண்டாகும் ஸ்ட்ரிக்னின் (**Strychnine**) சிறிதளவில் டானிக்காய் (**Tonic**) பயன்படுவது; உடலைக் கிளர்ச்சி செய்யும் மருந்தாகவும் (ஸ்டிம்யூலண்டாகவும்—**Stimulant**) தரப்படுகின்றது. ஸ்ட்ரிக்னுஸ்பீன், எட்டிக்காயைப் போன்றது. 'வசநாபி' (அகோனைட்) என்றது கடும் விஷம். ஆயினும், கோகேயினைப் போன்று சிறிதளவு இடம் மரத்துப் போகுமாறு செய்யப் பயன்படுவது. ஒரு குன்றிமணி எடையில் ஐம்பதிலொரு பங்கு அளவான அகோனைட் ஒருவனைக் கொல்லப் போதுமானது. ஆல்கலாயிட்கள் எல்லாம் அதிக சிக்கலான மூலத்துகள் அமைப்பானவை. அவை பயிர்களினின்று எடுக்கப்படலாமேயன்றி, செயற்கையாய்ப் பண்ண இயலாதவை.

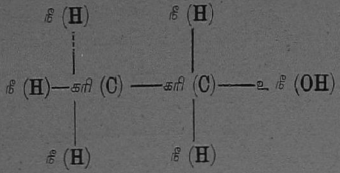
இயமானகத் தரளங்களின் குறியீடுமுறை எவ்வாறுனது என்பதையும் அம்முறையையொட்டி ரஸாயன மாற்றங்கள் எவ்வாறு குறிப்பிடப் படுகின்றன என்பதையும் சற்று எடுத்துக் காட்டுவோம்.

இயமானக ரஸாயனக் குறியீடு முறை

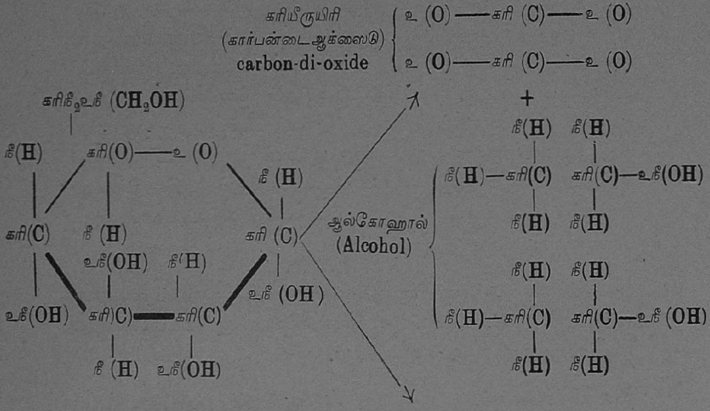
(1) பென்ஜீன் என்ற ஹைட்ரோ கார்பன் பின் வருமாறு குறிப்பிடப்படுகின்றது.



(2) சாராயம் (ஆல்கோஹால்) குறிப்பிடப்படும் வகை பின்வருமாறும்.



(3) குளூகோஸின் (Glucose) அமை வகைக் குறியீடும், புளிநொதி (ஈஸ்டால்) யால் அது சாரயமாகவும் கார்பன்டைஆக்ஸைடாகவும் செய்யப்படலும் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளன.

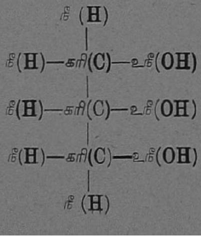


குளூகோஸ் (Glucose)

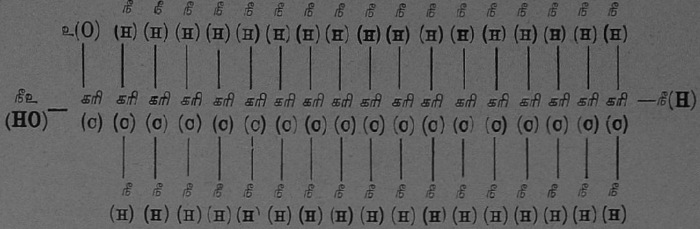
ஒரு குளூகோஸ் மூலத்துகளினின்று இரண்டு ஆல்கோஹால் மூலத்துகள்களும் இரண்டு கார்பன் டைஆக்ஸைடு மூலத்துகள்களும் பயக்கப்படுகின்றன.

4. கிளிஸரின் (Glycerine) அமைவகைக் குறியீடும், ஸ்டீயரிக்கு ஆஸிட் (Stearic acid) என்ற கொழுப்பு ஆஸிட் ஒன்றின் அமைவகைக்குறியீடும் பின்வருமாறும்.

கிளிஸரின் (Glycerine)——

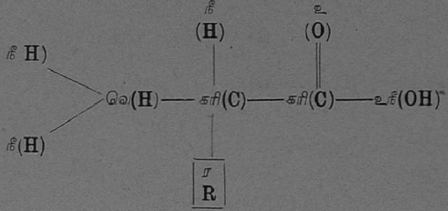


ஸ்டியரிக் ஆவிட் (**Stearic Acid**) :—



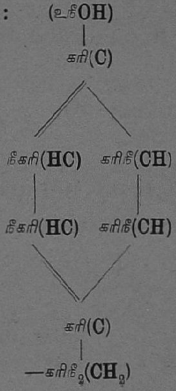
5. அமினோ ஆவிடின் பொதுவமைப்பையும் அவை தொடர்ச்சியானவாறு சேரும்போது அமையும் விதமும் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளன.

அமினோ ஆவிடின் பொதுவமை :

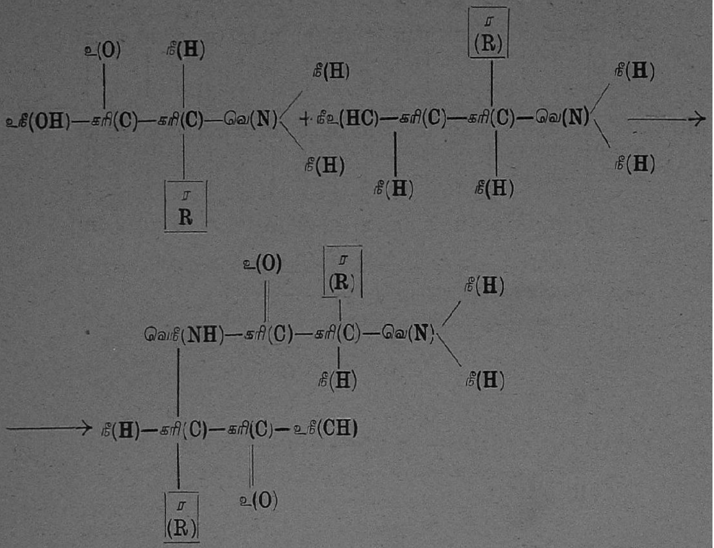


ர-என்ற குறியீடுள்ள இடத்தில் ஒரு ஹைட்ரஜன் அணுவினின்று கீழே காட்டப்பட்டுள்ள தொகுதிவரை, எதுவாகவாயினும் இருக்கலாம். ஹைட்ரஜன் அணு அமைந்தபோது, அது கிளிஸின் (**Glycine**) என்ற அடிப்படை அமீனோ ஆவிடைக் குறிக்கும்.

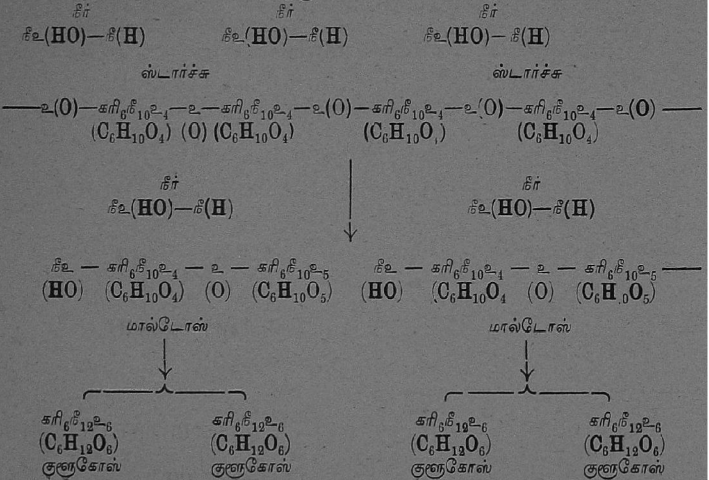
ர-இன் இடத்தில் அமையக்கூடிய தொகுதி :



அமீனோ ஆவிட்களின் மூலத்துகள்கள் ஜதையாய்க் கோக்கப்படும்விதம்.



6. நமது உடலில் 'ஸ்டார்ச்சு' குளூகோஸாய்ப் பிரிவினையாகும் விதம் :



இதுவரை நாம் ரஸாயனத் தெரியற்செய்கையைப்பற்றிக் கூறிய விஷயங்களைத் தெரியற்செய்கையோர்களால் அறியப்பட்டுள்ள விஷயங்களுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்த்தோமாயின், நாம் கூறியவை அணுவளவாகவும், அறியப்பட்ட விஷயங்கள் மலையளவாகவும் இருக்கும். இயமானக ரஸாயனத்தில் (ஆர்கானிக்கு கெமிஸ்ட்ரியில்) அடங்கியுள்ள பொருள்கள் ஒவ்வொன்றின் பெயரையும், அவை ஒவ்வொன்றையும் பற்றி ஒவ்வொரு வரியையும் எழுதினால், அப்பட்டியல் இரண்டாயிரம் பக்கங்கள் கொண்ட பெரியவளவான ஐந்து புத்தகங்களாய் ஆகும். வைத்தியர்களுக்கு அடுத்தபடியாக, மக்களின் உடல்நலம் ஓங்குவதற்கான துறையில் வேலை செய்கின்றவர்கள், ரஸாயன அறிஞரே, எனலாம்; அவர்கள் பார்த்தால் மலைத்துப்போய்விடும்படியாகக் குவிந்துள்ள எராளமானப் பொருள்களைத் திறமையுடன் வகையீடுசெய்து, அறிவுடன் முறைப்படுத்தியுள்ளனர். கவனித்துப்பார்த்து, ஆராய்ச்சிகள் செய்து, முறைமையாக்கி, எல்லாவற்றையும் ஆழ்ந்த சிந்தனையின் விளைவாய்ச் செய்தலே தெரியற்செய்கை வழியின் சிறப்பாம்.

ஆறும் அத்தியாயம்

நரம்பு மண்டலமும் வியாபக மின்சாரமும்

நமது உடலினுள் நடைபெறுகின்ற காரியங்கள் ஒழுங்காய்ச் செய்யப்பட வேண்டுமாயின், நாம் தக்க உணவைப் புசிக்கவேண்டும்; நல்ல நீரை அருந்த வேண்டும்; தூயகாற்றை உட்கொள்ளவேண்டும்; என அறிந்துகொண்டோம். ஆனால், நல் வாழ்க்கைக்கு, அவைமட்டும் போதா. நாம் வசிக்கும் ஊர் ஒத்துக் கொள்ளவேண்டும்; அவ்வூரின் தண்ணீரும் காற்றும் நம்முடலுக்கேற்றனவாய் இருத்தல்வேண்டும்; ஏனென்றால், நமது உடலின் உறுப்புக்கள், நம்முடலில் ஓடுகின்ற இரத்தம், முதலானவை, நாம் வசிக்கும் இடத்தின் சீதோஷ்ண நிலைமை முதலியவற்றைப் பொருத்தவாறு சற்று வேறுபடும் தன்மையினவாய் உள்ளவை. உயரமான மலைகளின் மீதுள்ள ஊர்களில் வசிக்கின்றவர்கள், ஆங்கே சுகமாய் வாழ்கின்றனர். சமவெளி மக்கள் அவ்விடங்களுக்குச் சென்றால், ஆரம்பத்தில் துன்பப்படுகின்றனர். வெப்ப நாடுகளின் மக்கள் குளிர் நாடுகளுக்குச் சென்றால், தொடக்கத்தில் உடல் நலம் குன்றியவராகின்றனர்.

சூழ் நிலைமையை அறிதல்

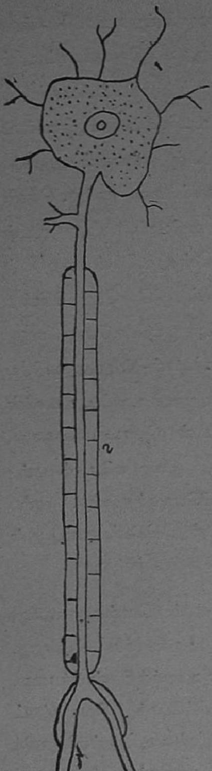
குளிர்நாட்டு மக்கள் வெப்ப நாடுகளின் சூட்டைத் தாங்கமுடியாது தவிக்கின்றனர். ஒருவன் வாழ்கின்ற இடத்தின் காற்றியல், நீரியல் அங்கு கிடைக்கின்ற உணவு வகைகள், முதலானவை, அவன் உட்பட்டுள்ள நிலைமையை அமைப்பவை. எனவே, அவை எல்லாம் பொதுவானவாறு, அவனது 'சூழ் நிலைமை' (என்வைரன்மெண்டு-**Environment**) எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றன. ஒருவனது உடல் நிலைமை அவனது சூழ் நிலைமையைப் பொருத்ததாயிருக்கும். சூழ்நிலைமையின் தன்மை மாறினால், உடல்நிலைமையும் அதற்கியைந்தவாறு சற்று மாறும். எனவே, நமது உடல் சூழ் நிலைமைக்கியைந்தவாறு தகுதிப்படும் தன்மையானது. அப்படித்தக்கவாறு தன்னைத் திருத்திக்கொள்வதற்கென, நமது உடல் வெளியுலகில் நடைபெறும் மாறுதல்களைப்பற்றி விரைவாகவும் திட்டமாகவும் தெரிந்துகொள்ளவேண்டும். அவ்வாறு அறிந்துகொள்ள முடிவதினாலேயே, உடல் நிலைமை சூழ் நிலைமைக்கேற்றவாறு திருந்த இயல்கின்றது. ஆயினும் அவ்வாறான திருத்தம் படிப்படியாய்த்தான் ஏற்படக்கூடும். சமவெளி நாட்டினர் மலை நாடுகளுக்குச்சென்று, ஆங்கு நீண்டகாலம் வாசஞ் செய்தபிறகே, அந்நாடுகளில் துன்புறாது வாழமுடிகின்றது. அதன்பிறகுங்கூட, அந்நாடுகளி

லேயே தலைமுறைத்தத்துவமாய் வசித்து வசித்து வருகின்றவரைப்போன்று இருக்க இயல்வதில்லை ; ஏனென்றால், தலைமுறைத்தத்துவ ரீதியையொட்டியும் உடல் நிலைமை அமைவது. அம்முறையைப்பற்றி பின்வரும் அத்தியாயமொன்றில் கூறுவோம். இப்பொழுது, சூழ் நிலைமைக்கேற்றவாறு உடல் நிலைமை அமைக்கப் படும் பொருட்டு, வெளியுலக விஷயங்களை நமது உடல் எங்ஙனம் அறிந்து கொள்கின்றது என்பதைப்பற்றிக் கூறலாம். மெய், வாய், கண், மூக்கு, செவி, என்ற ஐம்பொறிகளின் வழியாய், நமது உடல் வெளியுலகைப்பற்றி அறிகின்றது, என்பதை எல்லோரும் அறிவர். அவற்றின்வழியே யேற்படுகின்ற தெரிவிப்பு, புலனுணர்ச்சி; ஐம்பொறிகள் நமது உணர் உறுப்புக்கள். அவ்வுணர் உறுப்புக்கள் நரம்புகள் (நர்வுகள்-**Nerves**) வழியே மூளையுடன் தொடர்புகொண்டவை. மெய் என்ற ஊறுணர் உறுப்பு, உடலின் பகுதிகளையெல்லாம் போர்த்துள்ள தோல். மூளையுடன் தொடர்பானவாறு, நமது உடலின் பல பகுதிகளிலும் நரம்புகள், உள்ளன. அவை எல்லாம் நரம்பு அமைப்புமுறையை யொட்டிப்பொருந்தியுள்ளன. அப்பொருந்தலுக்கு 'நரம்பு மண்டலம்' (நர்வஸ் ஸிஸ்டம்-**Nervous system**) என்று பெயர். நரம்பு மண்டலத்தின் வழியே, மூளை வெளியுலகுடன் தொடர்பு{கொண்டுள்ளது.

நரம்பு மண்டலமும் வெளியுலகத் தொடர்பும்

நரம்புகள், நியூரோன்கள் (**Neurons**) எனப்படும் நரம்பு ஸெல்களானவை. அவற்றில் ஏற்படும் செய்படு நிரல்கள் (புரோஸஸ்கள்) 'உணர்ச்சி' யென்றது தோன்றுவதற்குக் காரணமானவை. நரம்பு ஸெல்கள் உணர்த்திறன்மிக்கவை. 'உணர்ச்சி' என்றால் என்ன என்பதைச் சற்று கவனிப்போம். சிலரைப்பட்டும் படாததுமாய்த் தொட்டால்கூட துள்ளிக்குதிக்கிறார்கள். அவ்வாறானவர், அதிகக் கூச்சமானவர் என்கிறோம். 'தொடப்படல்' என்ற காரியத்தால், அவர்களில் ஒருவகைக் கிளர்ச்சி யுண்டாகின்றது ; அக்கிளர்ச்சி உடல் முழுதும் பரவுகின்றது. கூச்சமதிகமானவர், ஊறுணர்ச்சி மிக்கவர். எனவே உணர்ச்சியின் அறிகுறிகள், 'கிளர்ச்சியும்' அது 'பரவுதலும்' அல்லது 'கடத்தப்படலும்' என்பன. நரம்பு ஸெல்கள் உணர்திறன் மிக்கவை எனின், அவை கிளர்ச்சிபடும் தன்மையையும் அக்கிளர்ச்சியைக் கடத்தும் இயலையும் அதிகமாய் அடைந்தவை, என அறிகிறோம். கிளர்ச்சி யுண்டாக்கப் படுவதற்கான காரணங்கள் பலவாயிருக்கலாம். நாம், மேலேகூறியவாறு, அக்கிளர்ச்சி தொடுபடலால் ஏற்பட்டதாயிருக்கலாம் ;

நரம்பு ஸெல்களும் உணர்ச்சியும்



படம் 92

வெப்ப நிமித்தம் பயத்தப்பட்டிருக்கலாம்; ஒளி விழுவதையொட்டி உண்டாயிருக்கலாம்-வெளிச்சத்தைக் காணக் கண் கூசுகின்றது; ஒளியால் எழுப்பப்பட்டிருக்கலாம்; சுவையின் காரணமாகவோ வாசனையின் காரணமாகவோ ஏற்பட்டிருக்கலாம்; மின்சார ஓட்டம் செலுத்தப்பட்டதால் தோன்றியிருக்கலாம். அன்றி நமது உடலினுள்ளேயே நடைபெறும் ரஸாயன மாற்றத்தை யொட்டி தூண்டப்பட்டிருக்கலாம். இவ்வாறு, பலகாரணங்களை முன்னிட்டு ஏற்படுகின்ற கிளர்ச்சி பரவுகின்றது. கிளர்ச்சி பரவும் வகையைச் சற்று கவனிப்போம். ஒருவன் உயரமான திண்ணை மீதிருந்து கீழே குதிக்கிறான். அவன் குதித்த அதிர்ச்சியினால், அவன் காலூன்றின இடத்திக்குச் சற்று தூரத்திலுள்ள துரும்புகள் துள்ளிப்பறக்கின்றன. அவன் குதித்ததினால் உண்டான அதிர்ச்சி தரைவழியே பரவுகின்றது. அதைப்போன்றே, நியூரோன்கள் என்ற நரம்பு ஸெல்களின் வழியே 'கிளர்ச்சி' பரவுகின்றது. நியூரோனின் ஒரு நுனியில் கிளர்ச்சியை யொட்டி ஏற்படும் அதிர்ச்சி, அந்த ஸெல்லின் வழியே பரவி, மற்றொரு நுனியிலும் கிளர்ச்சி உண்டாகின்றது. இவ்வாறு நரம்பு நுனியில் ஏற்படும் அதிர்ச்சி 'நரம்புயதி' (**Nerve Impulse**) எனப்படுகின்றது. நரம்புயதி பரவும் விதம் 'இசைக்கப்படல்' (**Propogation**) எனப்படுகின்றது. எனவே, நியூரோன் ஒன்றின் நெடுக, அதன் ஒரு நுனியினின்று மற்றொரு நுனிவரை, நரம்புயதிகள் இசைக்கப்படுகின்றன.

நியூரோன்

நியூரோன் ஒன்று, முறைமையான ஸெல் ஒன்றையும், ஒரு நுனியில் ஆக்ஸான் (**Axon**) என்ற நீட்சியையும், மற்றொரு நுனியில் 'டெண்டிரைட்கள்' (**Dendrites**) என்ற பல நீட்சிகளையும் கொண்டது. சாதாரணமாக, ஆக்ஸான் டெண்டிரைட்டுகளைவிட அதிக நீளமாயிருக்கும். அதற்கு 'நரம்பு நார்' (**Nerve fibre**) என்று பெயர். நரம்பு நார்கள் மிகவும் நீண்டிருக்கலாம். உள்ளங்காலில் ஒரு நுனியுள்ளதான நரம்பு நார் ஒன்று, இடுப்பிற்குச்சற்று உயரமான மட்டத்திலுள்ள நரம்புத்தண்டில் (**spinal cord**) அமைந்த நரம்பு

ஸெல்லினது. அவ்வாருன நரம்பு நார்கள் மூன்று அடி நீளங்கூட இருக்கலாம். நரம்பு நார் ஒன்று அது பொருத்தப்பட்டுள்ள ஸெல்லினின்று பிரிந்தவாறு அறு பட்டுவிட்டால், அழிந்துபோகும். ஸெல்லிலேயே நியூக்ளியஸ் உள்ளது. நியூக்ளியஸே ஸெல்லின் உயிருக்கும் அதன் செய்படு நிரல்கள் பலவற்றினுக்கும் அடிப்படையானது. ஆதலின், நியூக்ளியஸுடன் தொடர்பில்லாதவாறு அறுப் பட்ட நரம்பு நார் நசித்துப்போகின்றது. மற்ருெரு நரம்பு நார் புதிதாக ஸெல் லினின்று முளைக்கலாம். ஆயினும் அது வளர்வதற்கு நெடுங்காலமாகும். ஸெல்லினின்று அறுக்கப்படாமல், உயிருடனுள்ள நரம்பு நார் ஒன்றில் கிளர்ச்சி யுண்டாகும்போது, அதனுடன் தொடர்புகொண்ட தசையொன்று சுருங்கு கின்றது. நரம்பு நார்கள் கற்றைக் கற்றையாய் ஈட்டப்பட்டவாறு பொருந்தி யிருப்பவை. உடற்பகுதிகள் ஒவ்வொன்றுடனும், முறையே, அவ்வாருன கற்றைகள் பல உறழ்வானவை. கற்றைக் கற்றையான தொகுப்புகளின் பாற் பட்டவாறே, நரம்புகளின் வேலை நடைபெறும். அதாவது, மிகவும் மென்மை யான கிளர்ச்சி யேற்பட்டதை யொட்டிய 'யதி' (இம்பல்ஸ்) ஒன்றேயான நரம்பு நார்வழியே இகைக் கப்படல்—அதைவிடச்சற்று அதிக அதிர்ச்சியைத் தரும் கிளர்ச்சியையொட்டிய 'யதி' இரண்டு நரம்பு நார்கள் வழியே இகைக்கப்படல்—அதன்பிறகு மூன்று—நான்கு—அதிக வலிமையான கிளர்ச்சிக்கு ஒரு கற்றை—அதைவிட அதிக வலிவையானதற்கு இரண்டு கற்றைகள்—என்ற முறையையொட்டி நரம்புகள் வேலை செய்வதில்லை. ஓரளவைவிடக்குறைந்த வலிமையான மென்மைமிக்கக் கிளர்ச்சிகளையொட்டி நரம்பு யதிகளே பயத்தப்படா. அவ் வளவினவாக வாயினும், அதைவிடச்சற்று அதிகமாகவும், மற்ருெரெல்லை யளவைவிடக் குறைந்தனவாகவாயினும் உள்ள வலிமையினவான யதிகள் ஒரு கற்றை நரம்புகளால் இகைக்கப்படும். அவ்வெல்லையைத்தாண்டினவாயும் அடுத்த எல்லைக்குட்பட்டனவாயுமுள்ள யதிகள் இரு கற்றை நரம்புகளால் இகைக் கப்படும். அதன்பிறகு, அம்முறையை யொட்டியே, மூன்று, நான்கு என்று அதி கமான கற்றைகளால் முறையே இகைக்கப்படும். ஆகவே ஓரளவுக்குக் குறைந்த கிளர்ச்சி ஏற்பட்டால்,அதனலான யதி,நரம்பு நுனியில் பட்டதென,அந்நரம்புகள் உணரமாட்டாதவை. நரம்பு நார்கள் வழியே, யதி இகைக்கப்படும் முறை அலை யியக்க முறையை ஒத்தது. அலையியக்க முறை எவ்வாருனது என்பதைக் கவ னிப்போம். ஓரிடத்தில் அலை எழும்புகின்றது. அதற்கு முன்புறமுள்ள இட மும் பின்புறமுள்ள இடமும் சமமட்டமாய் உள்ளன. பிறகு, அலையெழுந்த இடம் மட்டமாகின்றது. அதற்கடுத்து முன்னுள்ள இடத்தில் அலை எழுகின் றது. அதற்கும் முன்னுள்ள இடம் மட்டமாயுள்ளது. இரண்டாவது இடம் மட்டமாகின்றது ; மூன்ருவது இடத்தில் அலை எழும்புகின்றது. அவ்வாருன ஒழுங்குடன் அலை முன்செல்கின்றது. அம்முறையை யொட்டியே நரம்புயதிகள்

நரம்புகளின் வழியே யதிகள் இகைக்கப்படும் முறை

நரம்புநார்க்கற்றையின் வழியே கடத்தப்படுகின்றன. ஆரம்பத்தில் கிளர்ச்சி யுண்டான இடத்தில் 'யதி' பயத்தப்படுகின்றது. அந்த யதி அடுத்த இடத்திற்குக் கடத்தப்படுகின்றது. முதல் இடம் யதி யற்றதாகின்றது. அவ்வாறே அதற்கடுத்த இடத்திற்கும், அதற்கும் அடுத்த இடத்திற்கும் என, முறையே யதி கடத்தப்படுகின்றது. நரம்பு நார்க்கற்றையின் வழியே யதி இசைக்கப்படுகின்றது. நரம்பு நார்கள் ஒவ்வொன்றும், மிக மிக மெல்லிய ஏட்டினால் போர்க்கப்பட்டவை. நரம்பு நார்க்கற்றையொன்றில் ஓரிடத்தின் வழியே யதியொன்று கடத்தப்பட்டவுடன், அப்பகுதி நரம்பு நாரின் மீதுள்ள ஏடு நசித்துப்போகின்றது; எனவே, அந் நரம்பு நார்க்கற்றை தற்காலிகமாக மரத்துப்போகின்றது, எனலாம். ஆயினும், உடனேயே அவ்விடம் சரியாக்கப்பட்டுவிடுகின்றது; புது ஏடு அமைக்கப்பட்டுவிடுகின்றது. அவ்வேட்டினை அமைப்பதற்கென, அப்பணியாற்றும் உடற்பகுதியொன்று வேலை செய்யவேண்டும்; ஏடமைப்பொருள் தேவையாகின்றது. எனவே, நரம்புகள் வழியே யதி இசைக்கப்படுவதையொட்டி, நரம்புகள் சற்றுத்தேய்வுற்றுப் பிறகு சீராகின்றன எனலாம். ஆகவே, நரம்புகள், அவற்றின்வேலையைச் செய்வதற்கென, உணவும் (ஏடமைப்பொருள்) சக்தியும் (ஏட்டை அமைக்கச் செய்யப்படும் வேலை) இன்றியமையாதனவாம். சுமாராக, ஸெகண்டிற்கு முந்நூறடியான வேகத்துடன் யதிகள், நரம்புவழியே இசைக்கப்படுகின்றன. நரம்புக் கற்றையொன்றின் வழியே செல்லும் யதியலைகள் 'வெளி வாயில்கள்' என்ற பொறிகளினின்றாயினும், மற்றொரு நரம்பு ஸெல்லினின்றாயினும் துவங்குகின்றவை.

ஐம்பொறிகளையும் ஐம்புலன்களையும் அவற்றுடன் தொடர்பான நரம்புகளையும் பற்றிப் பிறகு கூறுவோம். இப்பொழுது, எல்லா நரம்புகளும் முடிகின்ற தொடர்பஞ்சித உறுப்புகளைப்பற்றிக்கூறுவோம். அவற்றின் கூட்டுப் பொருந்தல், 'நரம்பு மண்டல இசைப்பு நடுத்தலம்' (**Central Nervous System**) எனப்படுகின்றது. அதில் முக்கியமாயுள்ள உறுப்பு, மூளை. வெரிந்தண்டு (**Spinal cord**) அதன்பாற்பட்ட மற்றொரு உறுப்பு. இன்னும் பலவும் உள்ளன. மூளையால் நடைபெறலாகும் காரியங்கள் பலவும் பலவாறானவையுமாம். எனவே, அதன் அமைப்புவகை எளிதாய் அறியக்கூடியதொன்றன்று. ஆயினும் வெளியுலகு நமக்குப்புலனாகுமாறு செய்யும் முக்கிய உறுப்பு மூளையே. அதைப்பற்றி ஒல்லும் வகை அறிய முயற்சி செய்வோம். முதலில், மற்றவற்றின் உறழ்வை அறிந்து கொள்ளலாம்.

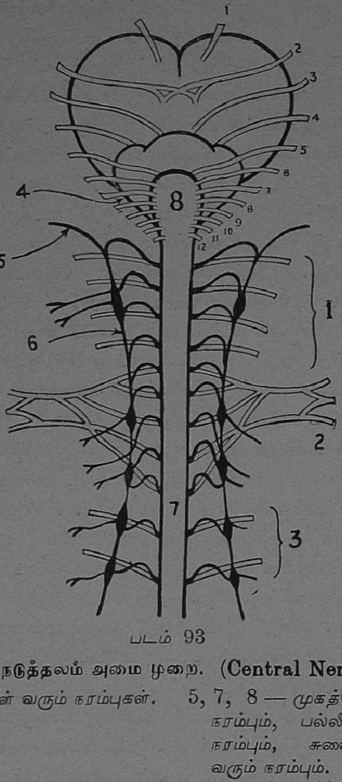
தெரியாமல் கொதி நீரில் கையை வைத்துவிட்டோம்; சடீரென அதிலிருந்து கையை எடுத்துவிடுகிறோம். சூட்டை உணர்ந்தவை, விரல் நுனிகளில் முடிகின்ற நரம்பு நார்கள்; கையை மேல்நோக்கி உயர்த்துகின்றவை,

கையின் தசைகள். கையின் தசைகள் நமது விருப்பத்திற்கிணங்கி வேலை செய்கின்றவை எனவும், அவ்விருப்பம் மூளையினின்று நரம்புகள்மூலம் அத்தசைகளுக்குத் தெரிவிக்கப்படும் எனவும் முன்னே கூறியுள்ளோம். சாதாரணமான போது, கையின் தசைகள் அவ்வாறே இயக்கப்படுகின்றன. ஆனால், நாம்மேலே கூறியவாறான சமயங்களில், கையின் தசைகள் மற்றொருவகையில் இயக்கப்படுகின்றன. அம்முறையெதுவென விளக்கலாம். விரல்நுனியில் சூடுபட்டதால், ஆங்குள்ள நரம்பு நார் நுனிகளில் யதி உண்டாகி, அது நரம்பு நார்வழியே இசைக்கப்படுகின்றது. அந்நரம்பு நார்களுக்கான நியூரோனிலிருந்து மற்றொரு நியூரோனுக்கு யதி கடத்தப்படுகின்றது. அதிலிருந்து, அந்த யதி கையின் தசையை இயக்கும் நரம்பு நார்களின் வழியே இசைக்கப்படுகின்றது. அந்நரம்பு நார்கள் 'இரட்டு நரம்பு' நார்கள் (மோடார்நர்வ் பைபர்கள்-**Motor nerve fibres**) எனப்படுகின்றன. அவை கைத்தசையை இயக்கி, கை சட்டெனத்தூக்கப்படுமாறு செய்கின்றன. இவ்வாறு, யதியொன்று ஒரு நியூரோனிலிருந்து மற்றொன்றிற்கு கடத்தப்படும் இடங்கள் 'முன்வளவுகள்' (ஸைனுப்ஸ்-**Synapse**) எனப்படுகின்றன.

முன்வளவுகள் (ஸைனுப்ஸ்கள்)

ஸைனுப்ஸ்களினூடே யதியொன்று ஒரு நியூரோனிலிருந்து மற்றொன்றிற்கு மாற்றப்படும் விதம் பின்வருமாறும். முதல் நியூரோனின் நரம்பு நார்நுனிகளும் இரண்டாவதின் நரம்பு நார்நுனிகளும், முறையே, ஸைனுப்ஸில் வந்து முடிகின்றன. முதல் நியூரோனின் வழியே வந்த யதி, அந்நியூரோனின் ஸைனுப்ஸ் நுனிக்கு வந்தவுடன், ஆங்கு, அதனால் ஒரு ரஸாயன மாற்றமொன்று ஏற்படுகின்றது. அவ்விரஸாயன மாற்றத்தையொட்டியுண்டான பொருளொன்று இரண்டாவது நியூரோனின் ஸைனுப்ஸ்நுனியில் மற்றொரு ரஸாயன மாற்றமுண்டாகும்படி செய்து, அதையொட்டிய யதி யலையொன்றைத் தொடக்கமாக்குகின்றது. ஸைனுப்ஸ் ஒன்றினூடே, ஒரு வாட்டத்தில்மட்டுமே யதி கடத்தப்படும். நரம்புகளின் வழியே, எதிர்ப்பட்ட இருதிக்குகளிலும் யதி இசைக்கப்படலாம். ஒரு நியூரோனின் ஆக்ஸானினின்று யதி ஸைனுப்ஸினுள் கடத்தப்படுகின்றது. மற்றொரு நியூரோனின் டெண்ட்ரைட்டுகளே ஸைனுப்ஸில் இருக்கும். ஆதலின், அந்தயதி, அதன் டெண்ட்ரைகளுக்குக் கடத்தப்படுகின்றது. அந்த நியூரோனிலிருந்து அதன் ஆக்ஸான் வழியே வெளிச்செல்லும் யதி யலை இசைக்கப்படுகின்றது. ஸைனுப்ஸினூடே, யதியொன்று, ஆக்ஸானினின்று டெண்ட்ரைட்டுகளுக்குச் செல்லும் வாட்டத்தில்மட்டுமே கடத்தப்படும். விரல் நுனியினின்று வரும் நரம்பு நார்களின் நியூரோனினது ஆக்ஸான் ஸைனுப்ஸில் உள்ளது. கைத்தசைக்குச்செல்லும் இரட்டு நரம்பின் (மோடார் நர்வின்) டெண்ட்ரைட்டுகள் அந்தஸைனுப்ஸில் முடிகின்றவை. ஆதலின் விரல் நுனியினின்று வந்த யதி ஸைனுப்ஸினூடே கடத்தப்பட்டு, கைத்தசையை இயக்குகின்றது. ஆகவே, ஒரு நியூரோனின் வழியே இசைக்கப்படுகின்ற யதியை

மற்றொரு நியூரோனுக்கு மாற்றிக்கடத்தும் சாதனங்களாய்ப் பொருந்தியுள்ளவை, ஸைனுப்ஸ்கள். அவை நான்கு பிரதான ஸ்தலங்களில் உள்ளன.



படம் 93

நரம்பு மண்டல நடுத்தலம் அமை முறை. (Central Nervous System.)

1—12 மூளையினுள் வரும் நரம்புகள்.

1—முகர் நரம்பு

2—அம்பக நரம்பு

3, 4, 6—கண் விழியை அசைக்கும் தசைகளை யியக்கும் நரம்புகள்.

1. மூளை-வெரிந்தண்டு நரம்புகள் **(Cervical Spinal Nerves)**
2. மூளை-கீழ்ப்புற நரம்புகள் **(Brachial Plexus-Cervical Dorsal)**
3. கீழ்ப்புற-வெரிந்தண்டு நரம்புகள் **(Dorsal Spinal Nerves)**
4. சிறுவரை மூளை **(Cerebellum)**

5, 7, 8 — முகத்தோலினின்றுவரும் நரம்பும், பல்லீறுகளினின்றுவரும் நரம்பும், சுவையரும்புகளினின்று வரும் நரம்பும்.

9, 10, 11, 12 — முச்சுறுப்புக்களினின்றும் செரிமான உறுப்புக்களினின்றும் வரும் நரம்புகள்.

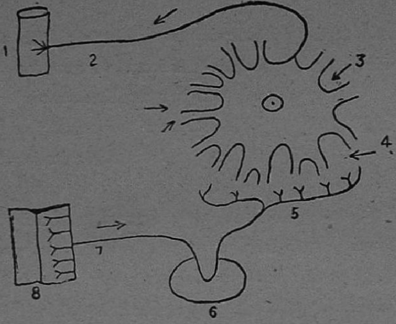
5. செம்மல்-சிறுவரை-த்தொடர்பு நரம்பு **(Cervical Sympathetic Nerve)**
6. நரம்பு முடிச்சுத்தொடர் **(Sympathetic Chain of Ganglia)**
7. வெரிந்தண்டு **(Spinal Cord)**
8. மூளைத்தண்டு **(Medulla)**

அவ்விடங்கள், வெரிந்தண்டு (ஸ்பைனல் கார்டு-**Spinal cord**) மூளைத்தண்டு (**Brain Stem**), சிறுவரை மூளை (ஸெரிபெல்லம்-**Cerebellum**), செம்மல் மூளை (ஸெரிப்ரம்-**Cerebrum**) என்பவை. இவ்வுறுப்புகளாலான தொடர்ப்பொருத்தமே, 'நரம்பு மண்டல இசைப்பு நடுத்தலம்' (**Central Nervous system**) எனப்படுவது.

கை, கால்களை ஆட்டுதல் போன்ற எளிய பணிகள் செய்யப்படுவதற்கான ஸைனப்ஸ்கள், வெரிந்தண்டில் உள்ளன. தாமாகவே வேலைசெய்கின்றவை என்ற உறுப்புக்களால் நடையேறுகின்ற இரத்தவோட்டம், ஸ்வாஸித்தல், வெப்பநிலைச் சீராக்கல், முதலான காரியங்கள் சரிவர நடைபெறுமாறு நிரலாக்குவதற்கான ஸைனப்ஸ்கள் மூளைத் தண்டில் அமைந்தவை. உடல் நிமிர்ச்சியையும், அப்பக்கம் இப்பக்கம் சாயாமலுள்ள சமனைச்சீரையும் கவனித்துக்கொள்கின்றவை, சிறுவரை மூளை (ஸெரிபெல்லம்)யிலுள்ள ஸைனப்ஸ்கள். மூளையென்று சாதாரணமாய்க் குறிப்பிடப்படும் செம்மல் மூளை (ஸெரிப்ரம்) உயர் வேலைகள் எனக்கருதப்படுகின்ற, 'எண்ணல்,' 'சிந்தித்தல்,' 'தீர்மானித்தல்' என்றவற்றின் பொறுப்பை ஏற்றுக்கொண்டது. பல பொறிகளின் வாயிலாக இசைக்கப்படும் நரம்பு யதிகள், இறுதியில் செம்மல் மூளையிலேயே பதிகின்றன. அப்படி அவை பதியும்போது, நம்மில் உணர்ச்சி உண்டாகின்றது. அப்பதிவுகள் ஆழ்ந்துபோகாது, பொறித்தவாறிருத்தலை யொட்டி ஏற்படுவதே, 'நினைவு' அப்பதிவுகளின் தொடர்பையறிதலே 'சிந்தித்தல்.' பலவும் பலவாறுமான பதிவுகளாலான தொடர்பு மிகவும் சிக்கலானது. எனவே 'சிந்தனை' என்றால் என்ன என்பதை விளக்குதல் கடினம். நாம் அதைப்பற்றி ஒருவாறு பொதுப்படவே கூறினோம். அதுமிகவும் மேலோட்டமான விளக்கம். சிந்தனை விஷயத்தைப்பற்றி தெரியற் செய்கையோர்கள் அறிந்துள்ள அமிசங்கள் மிகச்சொற்பமே. சிந்தனையே செம்மல் மூளையின் உயர் வேலையாயினும், நமது வினையாற்றும் திறனுக்கு மூலமானதும், அதுவே; எல்லாஸைனப்ஸ்களையும் ஆள்வது செம்மல் மூளையே. கொதிநீரில் விரலை வைத்தால், அச்சங்கதி செம்மல் மூளை வரை எட்டி, அதனால் நரம்புமூலம் ஏவப்பட்டு கைத்தசைகள் கையை நீரினின்று இழுத்துவிடவேண்டும், என்றில்லை. அப்பணியை வெரிந்தண்டு ஸைனப்ஸ்களிலொன்றே செய்துவிடும், என மேலே கூறினோம். அவ்வாறு ஸைனப்ஸ்களினால் மட்டுமே செய்யப்படும் வேலை, 'பிரதிபலிப்புச் செய்கை' (ரிப்ளக்ஸ் ஆக்ஷன்-**Reflex action**) எனப்படுகின்றது. அதற்கு 'வெரிந்தண்டுப் பிரதிபலிப்பு' (ஸ்பைனல் ரிப்ளக்ஸ்-**Spinal reflex**) என்று பெயர். பிரதிபலிப்புச்செய்கை, வெரிந்தண்டு ஸைனப்ஸினால் பயத்தப்படினும், ஸைனப்ஸ் அதைச்செய்தது, என்ற செய்தி செம்மல் மூளைக்கு எட்டிவிடும். அதனால்,

வெரிந்தண்டுப் பிரதிபலிப்பு (ஸ்பைனல் ரிப்ளக்ஸ்)

விரல் சுடப்பட்டது, என்ற உணர்ச்சிப்பதிவு ஆங்கு பொறிக்கப்படும். ஆயினும், அப்பதிவு உடனேயே ஆழ்ந்துவிடலாம். நாம் விரல் சூடுபட்டது என்பதை மறந்து விடுவோம். விரலில் சூடுபட்டவுடன், கையைத்தூக்கி எடுத்துவிடுகின்றது, வெரித்தண்டு ஸைஞப்ஸ்; சுட்டுப்போட்டாலும் ஒன்றைச்செய்தே தீர்



படம் 94

வெரிந்தண்டுப் பிரதிபலிப்பு முறை. (Spinal Reflex.)

1. யதியுண்டாதல்
2. இசைக்கப்படல் (நரம்புநார்வழியே)
3. டெண்டிரைட்டுகள்
4. ஸைஞப்ஸ்
5. ஆக்ஸான்
6. நரம்பு முடிச்சு (**Ganglion**)
7. அனுப்பு நரம்பு
8. பிரதிபலிப்புச் செயல் உண்டாக்கப்படல்

செம்மல் மூளை (ஸெரிப்ரம்)

வேன் என்று நம்மைக் கூறச்செய்வது, செம்மல் மூளை. அத்தீர்மானத்துடன் கையைக் கொதி நீரில் வைத்தபோது, வெரிந்தண்டு ஸைஞப்ஸால் கையை நீரினின்று இழுக்கமுடியாது. எனவே, நமது கை, கால்கள் முதலான அவயவங்கள் எதுவொன்றையும் தெரிவுடன் அல்லது உணர்வுடன் செய்யும்போது, அவை செம்மல் மூளையால் ஏவப்பட்டவையேயாம். நாம் ஒரு பலகையை இழைப்புளிகொண்டு இழைக்கிறோம், இழைப்பு சீராயுள்ளதா என்பதை அறியும் பொருட்டு இழைப்பின் ஓசையைக் காது கேட்டுக்கொண்டிருக்கும். அப்பலகையை, கைகள் தொட்டுணர்ந்துகொண்டுள்ளன. இழைப்புப்பதனை அப்பலகையின் வெப்ப நிலையை யொட்டிய ஊறுணர்ச்சியாலும் அறியலாம்; அப்பலகையினின்று வெளிப்படும் வாசனையைக்கொண்டும் இழைப்புப்பதனை மதிப்பிடலாம். இவ்வாறு, பல பொறிகளின் வாயிலாகவும் உணரப்பட்டதாலான உணர்ப்பதிவுகளைக்கொண்டு, செம்மல் மூளை கைத்தசைகளையும் விரல்தசைகளையும் தக்கவாறு, ஏவுகின்றது. செயல் திறன்

பலபொறிகளையும் உணர்வதைக்கொண்டு செம்மல் மூளை எற்றவாறு தசைகளை ஏவி இயக்குவதையொட்டியே, ஏற்படுவது. சாதாரணமாக, இவ்வாறான செயல்களை நிரலாக்கும் பணியிலேயே செம்மல் மூளையின் பெரும்பகுதி ஈடு பட்டிருக்கும். நாம் பச்சைக் குழந்தைகளாயிருந்த காலந்தொட்டு, செய்யக் கற்றுக்கொள்கின்ற ஒவ்வொரு வினைக்கும் மூலமானது செம்மல் மூளையே; நம் மில் அறிவு முதிர்வதற்குக் காரணமானது, அதுவே. நாம் பேசக்கற்றுக்கொள் கிறோம்; ஸைகிள்விட பயில்கிறோம்; மோட்டார்காரை ஓட்டத் தெரிந்து கொள்கிறோம்; ஏரோப்ளினில் பறக்கும் திறமையை அடைகிறோம்; உழு தொழில் செய்யப்பழகுகிறோம்; துணி நெய்ய அறிகிறோம்; நுட்பமாய் ஆப ரேஷன் செய்யும் திறனைப்பெறுகிறோம்; பாடம் படிக்க அப்யாஸம் செய் கிறோம்-எல்லாவற்றிற்கும் அடிப்படையானது, செம்மல் மூளையே.

கோணர் (அபரண்டு) நியூரோன்களும் அனுப்பு (எபரண்டு) நியூரோன்களும்

நியூரோன்கள் தொடர்புடனிருப்பதற்கான ஸைனுப்ஸ்கள், மூளை, மூளைத் தண்டு-வெரிந்தண்டு-என்றவற்றில் சில பகுதிகளில் அமைந்துள்ளவை எனக் கூறினோம். மூளையும் மூளைத்தண்டும் வெரிந் தண்டும் தொடர்ச்சியானவாறு, 'நரம்பு மண்டல இசைப்பு நடுத்தலம்' எனப்படுகின்றன எனவும் கூறினோம். தோலினின்றும் தசைகளினின்றும் பொறிவாயில்களினின்றும்,இன்னும்பல உறுப்புக் களினின்றும் இகைக்கப்படும் யதிகள், நரம்பு மண்டல இசைப்பு நடுத்தலத்தில் வந்து சேர்கின்றன. இவ்வாறு நடுத்தலத்திற்கு வரும் யதிகள் இகைக்கப்படு வதற்கான நியூரோன்கள் 'கோணர்' (அபரண்டு-**Afferent**) நியூரோன்கள் எனப்படுகின்றன. நடுத்தலத்தினின்று தசைகளை இயக்கவும், இன்னும் பலவைச் செய்யவும், ஆன யதிகள் உடலின் பல பகுதிகளுக்கும் இகைக்கப்படு வதற்கான நியூரோன்கள், அனுப்பு (எபரண்டு) நியூரோன்கள் எனப்படுகின்றன. எனவே, நரம்பு மண்டல இசைப்பு நடுத்தலம், படைத்தலைமைக் காரியாலயம் (**Army Head-Quarters**) ஒன்றைப் போன்றுள்ளது. ஆங்கு, உடலின் உணர் உறுப்புக்கள் பலவற்றினின்றும் சேதிகளும் அறிக்கைகளும் 'கோணர்' நரம்புகளின் வழியே வந்து குவிகின்றன. அங்கிருந்து உடலின் பல உறுப்புக் களுக்கும் 'அனுப்பு' நரம்புகளின் வழியே கட்டளைகள் அனுப்பப்படுகின்றன. சில நியூரோன்கள் வழியாக வாயினும், பல நியூரோன்கள் வழியாகவாயினும் செய்திகள் வரலாம்; கட்டளைகள் அனுப்பப்படலாம். எளிய வேலைகளை யொட்டிய சேதிகள் வந்துசேர்தல்-அவற்றை யொட்டிய உறுப்புக்கள் ஏவப்படல் என்ற காரியங்கள் வெரிந்தண்டு ஸைனுப்ஸ்களாலேயே நிறைவேற்றப்படு கின்றன, என மேலே கூறியுள்ளோம். இனி வெரிந்தண்டின் அமைப்பைப் பற்றியும், அதில் ஏற்படும் பிரதிபலிப்பைப் பற்றியும் கூறலாம்.

வெரிந்தண்டு, முதுகெலும்பு அடுக்கின் பின்புறத் துளைகளாலான குழாய் போன்ற இடத்தில் அமைந்துள்ளது எனக் கூறியுள்ளோம். வெரிந்தண்டு நரம்பு டிஷ்யூக்களாலானது. அதனுடன் 'கொணர் நரம்புகளும், அனுப்பு' நரம்புகளும் பின்வருமாறு பொருந்தியுள்ளன. ஒரு கொணர் நரம்பும், ஒரு அனுப்பு நரம்பும் சேர்வான ஜதைகளாய் அவை உள்ளன. அந்த ஜோடிகள், முறையே, ஒன்று மற்றொன்றினின்று சற்று விலகியவாறு வெரிந்தண்டுடன் பொருந்துகின்றன. அவற்றின் இடைவெளித் தூரங்கள், முறையே நிகரானவை. ஒவ்வொரு நரம்பும், முறையே, இரண்டு நாட்டும் நரம்புகள்மூலம் வெரிந்தண்டுடன் பொருத்தப்பட்டது. நாட்டும் நரம்புகளில் ஒன்று கொணர்வகையானது; மற்றொன்று அனுப்புவகையானது. அவையிரண்டும் ஒரு இணை நரம்பாய்ப் பிணைந்துவிடுகின்றன. அவ்வாறான இணைக்கூட்டு நரம்பில், 'அனுப்பு' வகை நரம்பு நாரும், கொணர்வகை நரம்பு நாரும், இருக்கும். நரம்புத் தண்டின் நடுப்பகுதியில் சற்று சாம்பல் நிறமான பொருள் உள்ளது; அது நரம்பு நார்களின் ஸெல்களின் திரட்சி. அதைச் சுற்றிலும் வெண்ணிறப் பொருள் உள்ளது. அது நரம்பு நார்களின் சேர்க்கை. அனுப்பு நரம்புகளின் ஸெல்கள் சாம்பல் நிறப்பொருளின் நடுவோட்டத்திலும், கொணர் நரம்புகளின் ஸெல்கள் அதன் ஓரங்களிலும் அமைந்துள்ளன. கொணர் நரம்புகளின் ஆக்ஸான் நுனிகள் சற்றுப் புடைப்பான இடங்களில் முடிகின்றன. அவ்விடங்களின் அருகில் அனுப்பு நரம்பு ஸெல்களின் நடுப் பகுதிகள் உள்ளன. இவற்றைச் சூழ்ந்தவாறு, வெரிந்தண்டின் மற்ற பகுதி களுடன் சேர்கின்ற 'கொணர்' நரம்புகளின் ஆக்ஸான்கள் பலவாட்டங்களிலு மாய் உள்ளன. விரலின் நுனி சூடான வஸ்துவொன்றைத் தொட்டால், அதை யொட்டிய யதி நரம்பு நுனியினின்று நரம்பின் வழியே இகைக்கப்பட்டு, கழுத்தின் கீழ்மாட்டில் பின்புறமாயுள்ள நியூரோனுக்குச் செல்கின்றது. அதிலிருந்து ஸைனுப்ஸ் ஒன்றினூடே அனுப்பு நரம்பிற்கு யதி கடத்தப்படு கின்றது. அவ்வனுப்பு நரம்புடன் தொடர்பான தசை இயக்கப்படுகின்றது; கைமேல் வாட்டமாய் தூக்கப்படுகின்றது. இதுவே, சாதாரணமான வெரிந் தண்டுப் பிரதிபலிப்பு (ஸ்பைனல் ரிப்ளக்ஸ்). இன்னும் பலவகையான வெரிந் தண்டுப் பிரதிபலிப்புகளும் உண்டு. நமது கால்களைப் பின்னிக்கொண்டு முழங் காலின் மேற்புறமாய் ஓரடி அடித்தால் பாதம் மேல்நோக்கி வேகமாய் உதைத்து பின், மெதுவாய்க் கீழிறங்குதைக்காணலாம். இவ்வாறான வெரிந்தண்டுப் பிரதி பலிப்பு மிகவும் உபயோககரமானது. அதாவது பாதம் மேல்நோக்கி உதைக்கும் போது வேகமாயும் கீழே இறங்கும்போது மெதுவாயும் அசைகின்றது, என்ற பிரதிபலிப்புச் செய்கை. நாம் மாடிப்படிகளின் வழியே கீழிறங்கும்போது, ஒரோரமயம், இடையில் ஒருபடி இடிந்துவிட்டதைக் கவனிக்காமலே அடி யெடுத்து வைக்கிறோம். இவ்வாறு இல்லாத படியொன்றை மிதித்தல், என்பது

வெரிந்தண்டு ஸைனுப்ஸ் அமை முறை

சகஜமாய் நேரிடும் சம்பவம். அப்போது, கால் கீழ்வாட்டமாய் இறங்கும்போது மெதுவாய்த்தானிருக்கும், என்ற பிரதிபலிப்புச் செய்கையே, நம்மைக் கீழே விழுந்துவிடாமல் காப்பது. சாதாரணமாக, வெரிந்தண்டுப் பிரதிபலிப்புகள் கடிதில் நிகழ்கின்றவை. ஆகவே வெரிந்தண்டு பிரதிபலிப்புச் செய்கைகள் எல்லாம் நமக்குப் பயனுறுவண்ணமேயுள்ளவை. அபாயமுள்ளது என நாம் அறிவதற்கு முன்னர்கூட, அவை நம்மைக் காக்க ஆயத்தமாயுள்ளவை.

செம்மல்மூளையும் வெரிந்தண்டுப் பிரதிபலிப்பும்

மேற்கூறப்பட்டவாறு, செம்மல் மூளை தலையிடாதவாறே, வெரிந்தண்டுப் பிரதிபலிப்பு ஏற்பட்டாலும், அச்சேதி செம்மல் மூளைக்கு எட்டிவிடும் என முன்பு கூறியுள்ளோம். அது எவ்வகையில் எட்டுகின்றது என்பதைக் கவனிப்போம். 'கொணர்' நரம்புகள் வெரிந்தண்டின் நரம்பு ஸெல்களுடன் பொருந்துவதுடன்கூட, செம்மல் மூளைக்கும் செல்கின்றன. அங்கிருந்து, 'அனுப்பு' நரம்புகள் வெரிந்தண்டு ஸெல்களுக்குப் போவதுடன் கூட, இயக்க நரம்புகளுடனும் பொருந்துகின்றன. செம்மல் மூளையில் பல உணர் உறுப்புகளிலிருந்தும் வந்த சமாச்சாரங்கள் திரட்டப்படுகின்றன. பிறகு அவை தொகுக்கப்பட்டு, வகையீடு செய்யப்படுகின்றன ; அவற்றின் முடிவாய், மேல் செய்யப்படவேண்டிய செயல்கள் எவை எனத் தீர்மானிக்கப்படுகின்றன. அத்தீர்மானங்களை நிறை வேற்றுவதற்கான கட்டளைகள் நரம்புகள் வழியே பல உறுப்புகளுக்கும் அனுப்பப்படுகின்றன. அக்கட்டளைகளின் படியே எல்லாம் செய்யப்படலால், உடல் முழுதும் நலமடையும். ஆயினும், மூளைக்கு அனுப்பப்படும் செய்திகள் நரம்புகள் வழியே அதிக தூரம் செல்ல வேண்டியவை; மூளையினின்று அனுப்பப்படும் கட்டளைகளும் அதிக தூரம் போக வேண்டும். என்ன செய்யப்படவேண்டும் என்பதை மூளை தீர்மானிக்கவும், சற்று நேரம் பிடிக்கும். எனவே செய்திச் சென்ற பிறகு, சற்று நிதானமாகவே பதில் கட்டளை வரும். திடீரெனத்தோன்றும் விபத்தினின்று உடனே காப்பாற்றுவதற்கு, சட்டெனத் துள்ளச் செய்யும் வெரிந்தண்டு பிரதி பலிப்பே சிறந்தது. ஆனால், அப்பிரதிபலிப்பு உடற் பகுதியொன்றை மட்டுமே காக்கும். உடல் முழுமைக்கும் நலமானவை செய்யப்படுவதற்கு, மூளையின் தீர்மானமே சிறந்தது.

சிறுவரைமூளை (ஸெரிபெல்லம்), மூளைத்தண்டு என்றவற்றின் அமைப்பைப் பற்றிக் கூறவேண்டியதில்லை. அவை கவனித்துக்கொள்ளும் அலுவல்களைப் பற்றி முன்னரே கூறியுள்ளோம். வெரிந்தண்டும் சிறுவரை மூளையும் மூளைத் தண்டும் முறையே நிறைவேற்றுகின்ற காரியங்களைக் கவனித்தோமாயின், உடல் உயிருடன் இருப்பதற்கான காரியங்களில் அநேகமாக எல்லாம் அவற்றால் செய்விக்கப்பட்டு விடுகின்றன, எனக்காணலாம். ஆயினும், உடலையூட்டும்

இரையைத்தேடல், சற்று மாறும் வகையான சூழ் நிலைமைக்கேற்றவாறு உடல் நிலைமையை மாற்றல் - பகைவரைக்கண்டு அஞ்சியோடல். பகைவரை எதிர்த்துப் போராடல் — என்ற காரியங்களை செய்யப்படுவதற்கு, அவை உதவாதவை.

செம்மல் மூளையைப்பற்றிக் கூறுவதற்கு முன், நரம்பு மண்டலத்தில் வேற்றுமையான இருவகை நரம்புகள் உள்ளன என்பதைக் கூறவேண்டும். அவை 'நாமியக்கும்' அல்லது வாலண்டரி தசைகளுடன் தொடர்பான வகையும், 'தாமேயியங்கும்' அல்லது இன்வாலண்டரி தசைகளுக்கான வகையுமாம். நமது கை, கால்கள் முதலான அங்கங்களிலுள்ள தசைகள் 'வாலண்டரி' வகையினவை. அவை வெரிந்தண்டு பிரதிபலிப்பை யொட்டியும் இயக்கப்படுவதினால், இன்வாலண்டரியாய் ஆய் விடவில்லை,

வாலண்டரி நரம்புகளும், இன் வாலண்டரி நரம்புகளும்

அவற்றை வேலை செய்விக்கத் தூண்டும் 'இரட்டு' (மோட்டார்) நரம்புகள், வெரிந்தண்டுடனும், மூளைத் தண்டுடனும், செம்மல் மூளையுடனும் முறையே தொடர்பு கொண்டவை. ஆயினும் மூளைத்தண்டி னின்றும் செம்மல் மூளையினின்றும், வேறேயான நரம்புகள் அத்தசைகளுக்குச் செல்லவில்லை. வெரிந்தண்டு ஸைனுப்ஸ்களின் வழியாகவே, அவை தொடர்பு கொண்டவை. நமது உடல் நிமிர் நிலைமையிலும், சாயாதுள்ள சமச் சீர் நிலைமையிலும் இருக்குமாறு கவனித்துக்கொள்வதற்கென, மூளைத்தண்டு தசைகளின் இரட்டு நரம்புகளுடன் தொடர்புகொண்டது. தாமேயியங்கும் இன் வாலண்டரி தசைகள் தாமாகவே ஆடோமாடிக்காய் வேலை செய்பவை. அவை, சாதாரணமாய் நம்மைக்கேட்காது (அதாவது செம்மல் மூளையின் நேர்த்தொடர் பின்றியே) வேலை செய்து கொண்டுள்ள நுரையீரல், இருதயம், இரத்தப்புரைப் போர்வைகள், விழிமென்னெழினி (ஐரிஸ் Iris), வியர்வைக் கிரந்திகள், மயிர்க் கண்கள், ஊட்ட வாய்க்காலின் போர்வைகள், என்றவையும் இன்னும் பலவும் ஆம். தாமே இயங்குகின்ற உறுப்புக்களினின்று வெளியே போகவும், அவற்றினுள் வரவும், ஆன யதியலை இகைப்புக்கள் உண்டு. அவற்றுள் நடை பெறுகின்ற வேலையின் நிரல், உடலினுள் நடைபெறும் ரஸாயன மாற்றங்களை யொட்டியதாயும் இருக்கும். இரத்தத்தின் ஆவிடிடி எவ்வாறு சீராய் வைத்துக் கொள்ளப்படுகின்றது, என்பதை முன்பே கூறியுள்ளோம். இரத்த ஆவிடிடி சுதப்படுத்தி (ரெக்யூலேடர்) மூளைத்தண்டில் உள்ளது. 'இன்வாலண்டரி' வகை உறுப்புக்களின் வேலை நிரல் வெப்பநிலை மாற்றங்களை யொட்டியும் மாறு படும். உடலின் வெப்பநிலையைச் சீராய் வைத்துக்கொள்வதற்கான ஆடோ மாடிக்கருவிகள், நெருக்கடியான சந்தர்ப்பங்களில், வாலண்டரி தசைகளையும் வேலை வாங்குகின்றன. அவற்றால் சீராய் வைத்துக்கொள்ள இயலாதவளவு வெப்பநிலை மாறும்படியாக வெளிக்குளிர் அதிகமாய் விட்டால், அவை உடலில் நடுக்கம் உண்டாகும்படி செய்கின்றன. அதாவது உடலின் வாலண்டரி தசை

கள் பலவற்றை இயக்குகின்றன. உடலின் பகுதிகள் அசைவதை யொட்டியான இயக்கச் சக்தி சூடாய் ஆகின்றது. உடலின் வெப்ப நிலை அதிகமாகி சீராகின்றது.

உடலின் வேப்பநிலை சீராய் வைத்துக் கோள்ளப்படுவதற்கான வழிகள்

மனிதன் வெப்பமான இரத்தத்துடனுள்ள பிராணி. சூழ்நிலைமையின் வெப்ப நிலை மாறினாலும், அவனது உடலின்வெப்பநிலை மாறாதிருக்கவேண்டும். சூழ்நிலைமையின் வெப்பநிலைக்கும் உடலின் வெப்ப நிலைக்கும் அதிகமான வேற்றுமை யில்லாதபோது, உடலின் இன்வாலண்டரி நரம்பு முறையையொட்டி, உடலின் வெப்பநிலை சூழ் நிலைமையினதாகாதவாறு வைத்துக் கொள்ளப்படுகின்றது. அவ்வேற்றுமையினளவு சற்று அதிகமானபோது, மேற்கூறப்பட்டவாறு வாலண்டரி தசைகளின் துணையைக்கொண்டு உடலின் வெப்பநிலை சீராக்கப்படுகின்றது. ஆனால், அதைவிடவும் அதிக வலிவான வேற்றுமை ஏற்பட நேரிட்டபோது, வேறு செயற்கை வழிகளில் தான் உடலின் வெப்ப நிலை மாறாது வைத்துக் கொள்ளப்படவேண்டும். குளிர் மிகுதியினால், கம்பளி ஆடைகளை உடுத்திக்கொள்வதாலும், கம்பளியைப் போர்த்திக்கொள்வதாலும், கணப்பு மூட்டிக் குளிர் காய்வதாலும், இன்னும் இவைபோன்ற பலவழிகளாலும் உடலின் வெப்பநிலை மாறாதவாறு செய்து கொள்கிறோம். உஷ்ணம் அதிகமானால், குளிர்ந்த பானங்களை அருந்தியும் ஐஸ்க்ரீம் சாப்பிட்டும், இன்னும் இவை போன்ற வழிகளிலும் உடலின் வெப்பநிலையைச் சீராக்கிக்கொள்கிறோம்.

சூழ்நிலையின் வெப்பநிலை சிறிதளவே நமது உடலின் வெப்பநிலையினின்று வேற்றுமையானதா யாகும்போது, நமது உடலின் இன்வாலண்டரி தசைகளால், உடலின் வெப்பநிலை எவ்வாறு சீராய் வைத்துக் கொள்ளப்படுகின்றது என்பதை இனிக்கூறலாம். சூழ் நிலைமையின் வெப்பநிலை உடலினதை விடச் சற்றுக் குறைந்திருந்தால், அதாவது குளிராயிருந்தால், தோலின் அருகிலுள்ள இரத்தப்புரைகள் இறுக்கப்படுகின்றன. அதனால் உடலின் மேற்பரப்பின் கிட்டவுள்ள இரத்தத்தின் அளவு குறைகின்றது. உடலினுள் குளுகோஸ் அதிகமாய் ஆக்ஸிடைஸாகின்றது. அதனால் சூடு பயத்தப்படுகின்றது. நாம் மேலே கூறியபடி, வாலண்டரி தசைகள் வேலை செய்விக்கப்பட்டும் சூடு உண்டாக்கப்படுகின்றது. தைராயிட் கிளான்டினின்று அதன் ஹார்மோன்கள் அதிகமாய் இரத்தத்தில் கசிகின்றன. செல்களின் சுறுசுறுப்பு அதிகமாகின்றது. அதனாலும் சூடு எற்படுகின்றது. இவ்வாறான வழிகளில், உடலானது; தன் வெப்பநிலையை விடச் சூழ் நிலைமையின் வெப்பநிலை, 65° F குறையும் வரை கூட, சமாளித்துக்கொள்ள இயலும். ஆனால், உடல் நலம் சிறந்தவரே அவ் வெல்லை வரையான குளிரைப் பொறுத்துக் கொள்ள முடியும். நோயாளிகளால் அவ்வளவு குளிரைத் தாங்க முடியாது. மேலும், அப்படிக் குளிரைச் சமாளித்துக்கொண்டுள்ளபோது, உடலின் காரியங்கள் ஊக்கத்துடன் நடை

பெற வேண்டும். மனிதன் கை கால்களை நன்றாய் ஆட்டி வேலைசெய்து கொண்டிருக்கவேண்டும். எனவே, அதிகக் குளிரில் தூங்கிவிட்டால் ஆபத்து தான். சூழ்நிலைமையின் வெப்பநிலை உடலின் வெப்பநிலைமையைவிட அதிகமாகும்போது, அதாவது வெப்பம் அதிகமாகும்போது, நமது உடல் என்ன செய்கின்றது என்பதைக் கவனிப்போம். தோலின் அருகிலுள்ள இரத்தப் புரைகள் விரிகின்றன. வெளியில் வீசும் காற்றினால் குளிர்விக்கப்படும் இரத்தத்தின் அளவு அதிகமாகின்றது. சாதாரணமாய்ச் சும்மா உட்கார்ந்திருக்கும்போது உடலின் வெப்பநிலை சீராவதற்கு இதுவே போதும். ஆனால் வேலை செய்யும்போதும், சூழ்நிலைமை மிகவும் வெப்பமானபோதும், அது போதாது. அப்பொழுது உடம்பு வியர்க்கின்றது. வியர்வை, தோலின் கீழுள்ள வியர்வைக் கிரந்திகளினின்று வெளிப்படுவது, என முன்பே கூறியுள்ளோம். தோலிலுள்ள ஏராளமான சின்னஞ்சிறு இடுக்குகளின் வழியே வியர்வை வெளிப்படுகின்றது. வெளிப்படும் வியர்வையிலுள்ள நீர் ஆவியாய் ஆகின்றது. ஆவியாதலையொட்டி வெப்பநிலை குறைகின்றது. உடல் குளிர்கின்றது. நாம் நீரைக் காய்ச்சினால் அது ஆவியாய் ஆகின்றது. எனவே, நீர் ஆவியாக மாற சூடு வேண்டும். அம்முறையையொட்டி வியர்வையின் நீர் ஆவியாவதற்கு வேண்டப்படும் சூடு நமது உடலினின்று செல்வது. எனவே உடலின் சூடு குறைந்து, அது குளிர்கின்றது. வெளியில் காற்று நன்றாய் வீசிக்கொண்டும், அதிலுள்ள நீராவியின் வீதம் குறைந்தும் இருந்தால், வியர்வை நீர் விரைவில் ஆவியாய் ஆகின்றது. நமது உடலின் வெப்பநிலையும் சீக்கிரத்தில் சீராகின்றது. இவ்வாறான சூழ்நிலைமையில், அதன் வெப்பநிலை நமது உடலினதைவிட 200° F அதிகமாயினுங்கூட, நமது உடல் அதை சகித்துக்கொள்ளக்கூடும். ஆனால் காற்று அசையாமலும், அதிலுள்ள நீராவியின் வீதம் அதிகமாகவும் உள்ளபோது, சூழ்நிலைமையின் வெப்பநிலை நமது உடலினதைவிட 3° F அதிகமானால் கூட, அதைத் தாங்கமுடியாது; சோர்ந்துபோவோம். நுரையீரல் வழியாகவும் நமது உடலினின்று நீராவி வெளிப்படலாம். வெளியிலுள்ள காற்றில் நீராவியின் வீதம் அதிகமாயில்லாதபோது, உடலுக்குள்ளேயே நீர் ஆவியாய் மாறி நுரையீரல் வழியே வெளிப்படும். ஆதலின் உடலினுள் சூடு சிறிது ஆவியாக்கச் செலவிடப்படுகின்றது. உடல் குளிர்கின்றது, இம்முறையை யொட்டியும் உடலின் வெப்பநிலை சீராக்கப்படுகின்றது.

சிறுவரை மூளை, மூளைத்தண்டு, செம்மல்மூளை இவற்றின் தொடர்பு

சாதாரணமாக இன்வாலண்டரியான காரியங்கள் எல்லாம் தாமாகவே நடைபெறுகின்றவை. ஆயினும் அவற்றை நிரல்படுத்துவதற்கான சிறுவரை மூளையும் மூளைத்தண்டும், பல உணர் உறுப்புகளின் வாயிலாய் வரும் சேதிகளின் துணைகொண்டு, சூழ்நிலைமையின் மாற்றங்களுக்குத் தகுந்தவாறு, அக்காரியங்கள் செய்யப்படுமாறு கிரமப்படுத்துகின்றன. சிறுவரை மூளையும் (ஸெரிபெல்லமும்) மூளைத் தண்டும் செம்மல் மூளையுடன் (ஸெரிப்ரத்துடன்) தொடர்புகொண்டவை என மேலேகூறியுள்ளோம். எனவே, செம்மல்மூளை, இன்

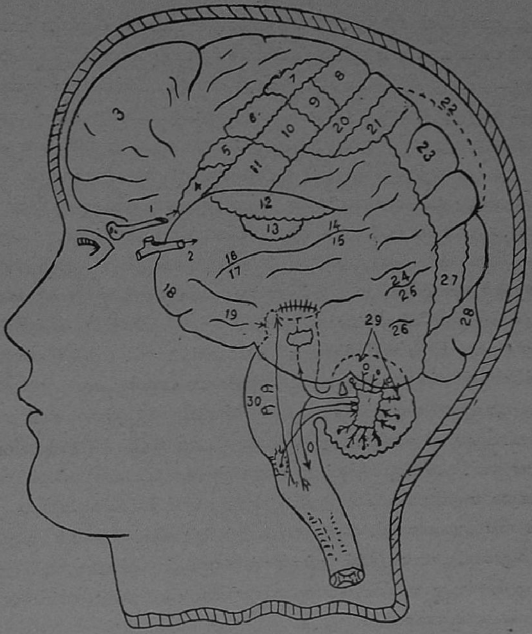
வாலண்டரி காரியங்களுக்கான உறுப்புக்களையும் அடக்கி ஆளவல்லது. அக் காரியங்களும் அதன் ஆதிக்கத்திற்கு உட்பட்டவையே. அவ்வாதிக்கத்தைச் செலுத்தவேண்டும் என திடமாய்ச் சங்கற்பித்துக்கொண்டு, அவற்றை ஆளலாம். சிறிதுவரை, மூச்சு முறையை யொட்டி அப்படிச் செய்யலாம் என நாமெல்லோரும் அறிவோம். பல தியான பரமாத்மாக்கள் மற்ற இன்வாலண்டரி காரியங்களும் தமது செம்மல் மூளையின் ஆணையின்படி நடக்குமாறு செய்துள்ளனர் என கேள்விப்பட்டும் நூல்களில் படித்தும் இருக்கிறோம். சிலர் கண்டும் இருக்கலாம். ஆயினும் எம்போன்ற பாமர மக்கள் அவ்வாறான சங்கற்ப சக்தியை அடைதல் அரிது.

செம்மல் மூளை (ஸரீப்ரம்)

செம்மல் மூளைக்குள் புகுவோம். நுழையவே பயமாயிருக்கிறது. ஒன்றும் புரியவில்லை; திகைப்பாயுள்ளது; ஆயினும் இயன்ற வரை பார்க்க முயற்சி செய்வோம். அதன் உட்பகுதியில் நரம்பு நார்களாலான வெண்பொருள் உள்ளது. வெளிப்பகுதியில் நரம்பு ஸெல்களாலான சாம்பல் நிறப்பொருள் உள்ளது. அதனின்று கீழ் வாட்டமாய் அவற்றின் ஆக்ஸான்கள் பரவுகின்றன. பரவிய அவை பல மட்டங்களிலுள்ள நரம்பு ஸெல்களிலும் ஸைனப்ஸ்களிலும் முடிகின்றன. இந்நரம்பு நார்களாவது, அவற்றுடன் சேர்ந்த மூளை ஸெல்களாவது நசித்துவிட்ட ஒருவன், தான் விரும்பியவாறு வாலண்டரி தசைகளை இயக்கும் வண்மையை இழந்தவனாவான். தனது கைகளையும் கால்களையும் தன்னிஷ்டம்போல் அசைக்க முடியாது, ஆயினும், அவை வெரிந்தண்டு பிரதிபலிப்பையொட்டி இயக்கப்படலாம். ஒருறுப்பின் தசைகளுடன் தொடர்பான இரட்டு நியூரோன்கள் அறுபட்டுவிட்டால், அவ்வுறுப்பு அசைவற்றதாகும்; அவற்றை யொட்டிய மூளை நரம்புகள் நசிப்பதால், வாலண்டரி வகையான இயக்க வன்மை மட்டும் அழிவுறும். வாலண்டரி இயக்கத்தைப் பயக்கும் நரம்பு நார் ஸெல்கள், செம்மல் மூளையில் திட்டமாய் வரையறுக்கப்பட்டதோர் இடத்தில் உள்ளன. கைகள், கால்கள், விரல்கள், இன்னோரன்ன உறுப்புக்களையொட்டிய மூளை ஸெல்கள், அவ்விடத்திற்குள் சில இருக்கைகளில் அடர்த்தியாய்ச் சேர்ந்துள்ளவை; மூளையின் இடப்பகுதி உடலின் வலதுபாகத்தின்மீதும், மூளையின் வலப்பகுதி உடலின் இடது பாகத்தின் மீதும் ஆதிக்கம் கொண்டவை; ஆயினும், ஒரு பக்கத்து மூச்சுறுப்புக்களும் இன்னும் பலவும், மற்றொரு பக்கத்து அவ்வகை உறுப்புக்களுடன், முறையே ஒத்துழைக்கும் கருவிகள்; எனவே அவற்றை ஆளும் மூளை ஸெல்கள் அதன் இருபகுதிகளிலும் உள்ளன: ஒவ்வொரு வகை உணர் உறுப்பினின்றும் வருகின்ற யதிகள் பதிவதற்கான இடங்கள் முறையே வரையறுக்கப்பட்டவை: அதாவது ஒவ்வொரு பொறியையொட்டிய புலன் உணர்ச்சியும், முறையே அதனதற்கான இடங்களில் ஏற்படுகின்றன, கண்களினின்று வரும் நரம்புகள், பார்வைப்பதியும் இடம்

என்றுனதில் பொருந்துகின்றன; காதுகளினின்று வருபவை கேள்விப்புலத்தி லுள்ள மூளையின் ஸெல்களுடன் சேர்கின்றன; அவ்வாறே மற்ற புலன்களுக் கானவையும் உள்ளன. அவ்வவ்விடங்களிலேயே, அவ்வப்பொறிகளுக்கான புலனுணர்ச்சிகள், முறையே உண்டாகின்றன. கை தொடப்பட்டால், கையைப் பின்னே யிழுக்கச்செய்வது வெரிந்தண்டு பிரதிபலிப்பு; பின்னே யிழுக்காமல் தொட்டவரின் கையைக் குலுக்கச்செய்வது, செம்மல் மூளை. திடசித்தத் துடன் நெருப்பிலும் கையை வைத்துக்கொள்ளும் துணிவைத்தருவது, செம்மல் மூளை.

செம்மல் மூளையில், பொறிகள் வாயிலாய் ஏற்படுகின்ற புலனுணர்ச்சியதி கள் எல்லாம் பதிந்து கொள்ளப்படுகின்றன. அப்பதிவுகள் ஒவ்வொன்றும் செம்மல் மூளையில் அழியாதிருக்கும். பிறந்த நாளினின்று, உடலில் ஏற்படும் ஒவ்வொரு உணர்ச்சியும், செம்மல் மூளையில் பதிவாகின்றது. உண்மையில் அவற்றை மூளை மறப்பதில்லை. நாம் சாதாரணமாக 'நினைவுறல்' எனக் கூறுவது, நினைவுறலின் சிறு பகுதியே யாம். அது நமது பிரக்ஞையுடனுள்ள ஞாபகம். அது 'மேதையொண்மைய நினைவு' (கான்ஷியஸ் மெமரி. **Conscious memory**) எனப்படுவது. நாமறியாத செம்மல் மூளையில் ஆழ்ந்து பதிந்தவற்றுலான பெரும் பகுதி நினைவு, 'அகணியொண்மைய நினைவு' (ஸப்கான்ஷயஸ் மெமரி - **Subconscious memory**) எனப்படும். செம்மல் மூளைக்கு மறதி இல்லை. அது ஒருவரின் அனுபவத்தாலறியப்பட்டவை எல் லாம் திரட்டப்பட்டு தக்கவாறு சேமித்து வைக்கப்பட்ட களஞ்சியம், எனலாம். அவ்வாறுன அனுபவ அறிவுப் பண்டசாலையின் துணைகொண்டே, நமது அறிவு பயன்படுகின்றது. கல்விப் பயிற்சிக்கும் கலை வன்மைக்கும் செயல் திறனுக் கும் செம்மல் மூளை இன்றியமையாதது. புலனுணர்ச்சிகளின் மூலம் திரட்டப் பட்ட அனுபவ அறிவைத் தொகுக்கவும், முறைப்படுத்தவும், வகையீடு செய் யவும், ஆராயவும், அவற்றையொட்டி முடிவு கட்டவும், ஆன செம்மல் மூளைப் பகுதி மிகவும் விரிவானது. அவ்வாறுன பகுதிகள் பல உள்ளன. அவை, 'எண்ணத் தொடர்புக் கோதைப் புலங்கள்' (அஸ்ஸோஸியேஷன் எரியாக் கள் - **Association Areas**) எனப்படுகின்றன. செம்மல் மூளையின் பாற் பட்ட விஷயங்கள் பல திட்டமாய் அறியப்படவில்லை. அவற்றிலொன்று, அனு பவத்திற்கும் செயலுக்குமான தொடர்புப் பொருத்தம் எவ்வாறுனது, என்பது. அதைப்பற்றி தெரியற்செய்கையோர் தீர்மானமான எம்முடிவுக்கும் வரவில்லை. பலர், செம்மல் மூளை தன்னிச்சையான கிரியையை (வாலண்டிரி ஆக்டிவிடி - **Voluntary activity**) க்கொண்டதன்று எனவும், அதுவும் வெரிந்தண்டுப் பிரதிபலிப்பு முறையை யொட்டியே வேலை செய்வது எனவும் கூறும் கருத்தை வெளியிட்டுள்ளனர். அதாவது செம்மல்மூளை சிக்கலான (காம்ப்ளிகேடட்-**Complicated**) பிரதிபலிப்புக் கிரியைகளுக்கேற்றவாறு தன் காரியத்தைச்செய்வது,



படம் 95

மூளை வைப்புக்கள்

1. முகர் நரம்பு
2. அம்பக நரம்பு
30. அரவ நரம்பு
3. மானவிகச் சிந்தனை (**Abstract thought**)
4. 5. பேச்சு
6. கண், தலைப்பகுதி
7. எழுத்து
8. கால், கால் விரல்கள், கணுக்கால், முழங்கால், இடுப்பு
9. நடுவுடல்
10. தோள், மணிக்கட்டு, முழங்கை, கை, கை விரல்கள்
11. கண்ணிமை, தாடை, உதடு, நாக்கு, முகம்
12. கேள்வி
13. கேள்வி யியக்கல்
14. 15. சொற்கேட்டல்
16. 17. பொருள் கேட்டல்
18. உச்சரிப்பு
19. சமச்சீர்
20. 21. தோல், தோல் தசை
22. பொருணிலைக் கருத்து (**Concrete thought**)
23. இருகண் பார்வை
24. சொல்
25. ஒளி
26. எண்ணல்
27. இயக்கு
28. பார்வை
29. சமச்சீர்

மற்ற இடங்களெல்லாம் எண்ணத் தொடர்புறவு (அஸ்ஸோவியேஷன்)

என்பது அவர்களின் கருத்து. பல காலங்களில் பலவாருய் ஆழ்ந்த உணர்ச்சிப் பதிவுகள் பயினியாவதால் எற்படும் பல்கூட்டுத்தகவலுக்கான பிரதிபலிப்புமுறையையொட்டியே மூளை வேலை செய்கின்றது எனவும், அவ்வாருன தகவலனுபவத்தைப் பொருத்துள்ள வலுக்கட்டாயத்திற்குட்பட்டவாறே மூளை எதையும் தீர்மானிக்க இயலும் எனவும், எனவே மூளை எவராலும் இன்னதென அறியப் படாத 'சுயேச்சாதிகார சித்தம்' (Free will) என்ற மர்மத்தால் எதைப் பற்றியும் முடிவு கட்டும் தன்மையானது அன்று எனவும், அத்தெரியற் செய்கையோர் கருதுகின்றனர். இக் கருத்தையொட்டிய கொள்கை, 'வலுக்கட்டாய நடத்தலாவளிக் கொள்கை' (பிஹேவியரிஸ்டு தியரி - **Behaviourist Theory**) எனப்படுகின்றது. அக்கொள்கை சரியன்று என அதை மறுக்கும் தெரியற் செய்கையோரும் பலர். அவர்கள் 'சுயேச்சாதிகாரச்சித்த வியல்' கொள்கையை (**Free will Theory**) கொண்டவர்கள். இக் கொள்கையை ஆதரிக்கின்றவர்கள், அதை நிலைநாட்டுவதற்கான கண்கூடான சான்றுகளைக் காட்ட முடியாது எனவும், தமது கொள்கையை நிரூபிக்கும் சான்றுகளைத் தாம் காட்டமுடியும் எனவும் வலுக்கட்டாய நடத்தி வாதிகள் (**Behaviorists**) கூறுகின்றனர். ஆயினும் செம்மல் மூளையின் பாற்பட்ட விஷயங்கள் பல அறியப்படாதுள்ள நிலைமையில், அறிந்த சிலவற்றைக்கொண்டுமட்டுமே, முடிவு கட்டல் சரியன்று எனவும், சுயேச்சாதிகாரச் சித்தவியல் வாதிகள் கூறுகின்றனர். வலுக்கட்டாய வாதிகள் தக்க சான்றுகளுடன் எவ்வளவு வற்புறுத்திக் கூறினும், நமது எண்ணங்கள் சுயேச்சையானவை அன்று என்பதை நாம் ஒப்புக்கொள்ளல், கடினம்.

ஆகவே, நரம்பு மண்டலம் நியூரோன்கள் பல, பல முறைகளையொட்டி அமைந்தனவாதலாலானது. அம் மண்டலத்தில் பலவகை உணர்ச்சிகள் எற்பட்டு தொகுக்கப் படுகின்றன. இயக்க உறுப்புக்கள் ஏவப்படுகின்றன. சில வகைப் பணிகளுக்கு சில நியூரோன்கள் போதும். அவ்வாருனவை எப்படி வேலை செய்கின்றன என்பதை, உடலமைப்பு முறையுடன் அவற்றின் பொருந்தல் முறை கொண்டுள்ள தொடர்பையொட்டி விளக்க முடிகின்றது. அவற்றைவிடச் சிக்கல் அதிகமான பிரதிபலிப்பு வகைகளும் உண்டு. நாம் பிரக்ஞையுடனிருக்கிருேம் என்ற உணர்ச்சிக்கும், நமது ஞாபக சக்திக்கும், எண்ணத் தொடர்புக் கோதைக்கும் (அஸ்ஸோஸியேஷனுக்கும்) அறிவுக்கும் மூலமான நரம்பு ஸெல்களையும் நரம்பு நார்களையும் கொண்ட அமைப்பு, மூளை எனப் படுவது. அதிலுள்ள நரம்புகளும், நரம்பு ஸெல்களும், இன்னும் மற்ற பொருள்களும் தொடர்பு கொண்ட அமைப்பு முறையையும், அவற்றின் செய்படு நிரல்களையும் மட்டுமே யொட்டியவாறு நமது பிரக்ஞை உணர்ச்சிக்கும், ஞாபக சக்திக்கும், புத்திக்கும், சிந்தனைக்கும் ஆன காரணங்களை முற்றும் விளக்க முடியுமா, முடியாதா என்பதைக் கூற தெரியற் செய்கையோரால்

இயலாதுள்ளது. நமது இஷ்டத்தின்படி (வாலண்டரியாய்) நடக்கின்ற காரியங்கள், மெய்யாகவே நமது இச்சையின்படியே நடைபெறுகின்றவையா ? அன்றி பிரதிபலிப்புச் செய்கையியலான வலுக்கட்டாயத்தையொட்டி நடைபெறுகின்றவையா ? என்ற வினாக்களுக்கு விடையில்லை. மூளைச் சங்கதியாயிற்றே என நெருங்கிச் செல்ல அச்சமாயிருந்தது. ஒருவாறு மனத்தைத் திடப்படுத்திக்கொண்டு உள்ளே சென்றோம். ஆரம்பத்தில் திகைப்பாயிருந்தது. பிறகு ஏதோ விளங்கியது போலிருந்தது. முடிவில் கேள்வி கேட்டுக்கொண்டே திரும்பி வந்தோம்.

நரம்பு மண்டலவமைப்பு, சாதாரணமாய் தந்தி நிலையங்கள் பல கம்பிகள் வழியே தொடர்பானவாறுள்ள அமைப்பை ஒத்தது, எனக் கூறப்படுகின்றது. கம்பிகள் வழியே செய்திகள் அனுப்பப்படுவதைப் போல, நமது உடலின் நரம்புகளின் வழியே யதிகள் இகைக்கப்படுகின்றன. எனவே, நமது நரம்புகள் அக்கம்பிகளை ஒருவகையில் ஒத்தவை. ஆயினும் நரம்புகளின் யதிகள் இகைக்கப்படுவதும், கம்பிகளின் வழியே செய்திகள் அனுப்பப்படுவதும் எல்லா வகைகளிலும் ஒத்தவை அன்று. நமது நரம்புகளின் வழியே யதி இகைக்கப்படும்போது, மேலேடு அழிந்து பின் சீராகின்றது. கம்பிகள் வழியே செய்தி செல்வதையொட்டி கம்பி தேய்ந்து உடனே சீர்படுவதில்லை. அவற்றின் வழியே செல்வதையொட்டி அவற்றில் மாறுதலொன்றும் ஏற்படுவதில்லை. மற்றொரு வகையில் தந்திச்செய்தி அனுப்பும் முறை நரம்புயதி இகைக்கப்படுவதை ஒத்துள்ளது.

நரம்பு மண்டலவமைப்பும் தந்தி நிலையங்களின் தொடர்பமைப்பும்

சிதம்பரத்திலிருந்து விருத்தாசலத்திற்கு ஒரு தந்திச் செய்தி அனுப்பப்படும் வழியைக் கவனிப்போம். சிதம்பரத்திலிருந்து அச்செய்தி சென்னைக்குத் தந்தியடிக்கப்படும். பிறகு சென்னையிலிருந்து அச்செய்தி விருத்தாசலத்திற்குத் தந்தி யடிக்கப்படும். சென்னையில் நடுத்தந்தி நிலையம் (Central Telegraph Station) உள்ளது. இவ்வாறு தந்தி முறையையொட்டி நடு நிலையங்கள் என சிலவிருக்கும். அவற்றின் வழியாகவே தந்திச் செய்தி நிலையங்கள் ஒன்றுடனொன்று தொடர்பானவை. இம்முறை நமது நரம்பு மண்டல முறையை ஒருவாறு ஒத்துள்ளது. இன்னும் தந்தி முறையையொட்டி அஞ்சல் நிலையங்கள் (Relay Stations) எனச் சில உண்டு. அவற்றில் இரு ஊர்களுடன் தொடர்பான கம்பிகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். ஒரு ஊரினின்று அதற்கான கம்பியின் வழியே வரும் அறிக்கை, மற்றொன்றுக்கான கம்பிக்கு ஆட்டோமாடிக்காய் கடத்தப்படும். அஞ்சல் நிலையங்கள், ஸைனப்ஸ்களை ஒரு வகையில் ஒத்துள்ளன எனக் காணலாம். ஆயினும் நரம்பு ஸைனப்ஸில், ஒரு நரம்பின் வழியே வரும் யதி சிறு ரஸாயன மாற்றமொன்றைப் பயத்துகின்றது. அதையொட்டி ஏற்படும் மற்றொரு ரஸாயன

மாற்றத்தால் விளைவிக்கப்படும் யதி மற்றொரு நரம்பின் வழியே இசைக்கப்படுகின்றது. தந்தி அஞ்சல் நிலையத்தில் ரஸாயன மாற்றம் எதுவும் ஏற்படுவதில்லை; அறிக்கை அப்படியே கடத்தப்படுகின்றது. பொதுவாக அம்முறைகள் ஒத்தனவேயன்றி, எல்லா வகைகளிலும் ஒத்தவை அன்று. இனி, தந்திச்செய்தி அனுப்பும் வழியைக் கவனிப்போம்.

தந்திகளின் வழியே அறிக்கைகள் செல்லும்போது, அக்கம்பிகளில் மின்சாரம் (**Electricity**) செல்கின்றது என்பதை எல்லோரும் அறிவர். ஆனால் அதில் மின்சார ஓட்டம் (**Electric Current**) விட்டு விட்டே சென்றுகொண்டிருக்கும். தந்திச் செய்திப் போக்குவரத்துக்கான கம்பி யொன்றின் ஒரு நுனி தந்தியடிக்கப்படும் இடத்தில் இருக்கும் ; மற்றொரு நுனி, தந்தி போய்ச் சேரும் இடத்தில் இருக்கும். தந்தி யடிக்கப்படும் இடத்தில் மின்சாரக் கருவியொன்றினால் அங்குள்ள கம்பியின் நுனி வழியே விட்டுவிட்டு மின்சாரம் செலுத்தப்படும். இவ்வாறு விட்டு விட்டு மின்சார ஓட்டம் ஏற்படும். மின்சார ஓட்டமுள்ள நேரம் மிகச் சிறிதளவாயிருக்கும். அதை 'கட்' எனக் குறிப்பிடலாம். மின்சார ஓட்டமில்லாத இடை நேரம் சற்று அதிக வளவாயிருக்கும். அதை, 'கட' எனக் குறிப்பிடலாம். 'கட்' களையும் 'கட' களையும் தக்கவாறு இணைப்பதால் பல எழுத்துகளையும் குறிப்பிடலாம். அக்குறியீடுமுறை, 'மோர்ஸ் பத்ததி' (**Morse Code**) எனப்படுகின்றது. ஆங்கில எழுத்துக்கள் ஒவ்வொன்றும் அதனதன் குறியீடுடனுள்ளது. உதாரணமாக, **A** - என்ற எழுத்து 'கட்-கட' என்றதாலும், **B** - என்ற எழுத்து 'கட-கட்-கட்-கட்' என்றதாலும் குறிப்பிடப்படுகின்றன. எனவே, தந்தி வழியே அனுப்பப்படவேண்டிய அறிக்கை எழுதப்படும் எழுத்துக்களை, அவற்றின் மோர்ஸ்பத்ததியின் குறியீட்டில், முறையே, அமைத்து, கட் - கட வாக்கிச் செய்தியைத் தந்தியடித்து விடலாம். அதையொட்டி கம்பியின் நுனியில் மின்சார ஓட்டமில்லாத இடைவிட்ட நேரமும், மின்சார ஓட்ட நேரமும் இருக்கும். தந்தி போய்ச் சேரும் இடத்திலுள்ள மற்றொரு நுனியில் மின்சார ஓட்டம் இடைப்பட்டவாறு இருக்கும். அங்கு மின்சார ஓட்டத்தையொட்டி இயக்கப்படும் கருவி யொன்றுள்ளது. அதிலுள்ள சிறு உலோகச் சட்டமொன்று மின்சார ஓட்டமுள்ளபோது கீழ்வாட்டமாய் இழுபடும். அப்படி இழுபடும்போது கீழுள்ள இருப்புக் குச்சிகளின் மட்ட நுனிகள், 'கட்' என்ற ஓசையுடன் தட்டும். மின்சார ஓட்டம் நின்றவுடன் அவ்வுலோகச் சட்டம் ஒரு வில்லால் அதன் முதல் நிலைமைக்கு மேல் வாட்டமாய் இழுபடும். அப்படி இழுபடும்போது மேல் வாட்டத்துள்ள மற்றொரு சட்டத்தை அதிக ஓசையின்றி மெதுவாய்த் தட்டும். அக்குறை ஓசை 'கட்' முடிந்ததின் அறிகுறி. உடனேயே மின்சார ஓட்டம் ஏற்பட்டு

'கட்' ஓசைக் கேட்கப்பட்டால், கேட்கப்பட்டவை 'கட்-கட்' என்ருகும். அவ்வாறின்றி குறை ஓசைக்குப் பின்னும் குறை ஓசையே கேட்கப்பட்டால், அது 'கட்-கட' என்ருகும். தந்தியடிக்கப்படும் இடத்தில் மின்சார ஓட்டத்தைத் தக்கவாறு குறைப்பதால், தந்தி சேரும் இடத்திலுள்ள கருவியிலுள்ள இழுச்சட்டம் சற்றே கீழே இழுக்கப்படும். ஆதலின் 'கட்' ஓசை உண்டாகாது. பிறகு தந்தியடிக்கப்படும் இடத்தில் மின்சார ஓட்டம் நிறுத்தப்படுவதால், தந்தி சேரும் இடத்தில் இழு சட்டம் மேலே இழுக்கப்பட்டு குறை ஓசையைப் பயத்தும். 'கட் - குறைஓசை - குறைஓசை - குறைஓசை - கட்' என்று கேட்கப்பட்டால், அது, கட்-கட-கட-கட் என்ருகும். அவ்வறிகுறி **P.** என்ற எழுத்தினது. கட்-கட்-கட் ———கட-கட-கட——— கட்-கட்-கட் என்ற அறிவிப்பு **S. O. S.** என்றது. அதன் அர்த்தம். 'நாங்கள் மிகுந்த அபாயமான நிலைமையிலுள்ளோம். உடனே உதவி வேண்டும்' என்பது. தந்தி அடிக்கப்படும் இடத்தில், மற்ற இடங்களினின்றுவரும் செய்தியை அறிவிக்கும் 'ஏற்புக் கருவி' (**Receiver**) இருக்கும். தந்தி சேரும் இடத்தில் அங்கிருந்து செய்திகள் அனுப்பப்படுவதற்கான அனுப்புக்கருவி (**Transmitter**) இருக்கும்.

தந்திச் செய்தி அனுப்பும் முறை, மின்சார ஓட்டத்தையொட்டியது. என எல்லோரும் அறிவர். மின்சாரம் என்ருல் என்ன என்பதை தெரியற் செய்கையோர் திட்டமாய் அறியவில்லை. மின்சாரத்தின் அடிப்படையான கூறுகள் எலக்ட்ரான்கள் (**Electrons**) எனப்படும் மின்னுருக்கள் என்பதை அறிவர். எலக்ட்ரான்களின் மர்மத்தை அவர்கள் அறியார்கள். ஆயினும், மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்யும் வழிகளையும், மின்சார சக்தியைக்கொண்டு பயனுறு வேலைகள் பலவற்றைச் செய்விக்கப்படும் வழிகளையும் தெரியற் செய்கையோர் நன்கு அறிந்துள்ளனர்.

மின்சாரமும் எலக்ட்ரான்களும்

இனி, 'எலக்ட்ரான்கள்' என்ற மின்னுருக்களைக் கவனிப்போம். அணுக்களைப்பற்றி நாம் முன்னரே கூறியுள்ளோம். அடிப்பண்டமொன்றின் மிக மிக நுணுக்கமான பகுதி, அணுவெனப்படுவது, என அறிவோம். அணு கண்ணுக்குத் தென்படாது. சிறு வஸ்துவொன்றைப் பலவாயிரம் மடங்கு உருப்பெருக்கமானவாறு காட்டும் மைக்ராஸ்கோப்பின் வழியேயும் அதைக் காண முடியாது. ஆயினும் பலவாருன ஆராய்ச்சிகளினுல் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட விஷயங்கள் அணுவென ஒன்று உண்டு எனக் கொள்வதினுல், திட்டமாய் விளக்கப்படுவதையொட்டி, அணு உண்மையாய் உள்ளதே என தெரியற் செய்கையோர் முடிவு கட்டியுள்ளனர். அவற்றின் நிறைகளும் பருமன்களும் கணக்கிடப்பட்டுள்ளன. நாம், முன்அத்தியாயத்தில் அணுநிறைகள் எனக் குறிப்பிட்டவை, ஹைட்ரஜன் அணுவின் நிறை 'ஒன்று' எனக்கொண்டு, கணக்கிடப்பட்ட ஒப்புவீத

அணுநிறைகளே. இப்போது அணுநிறையெனக் கூறியது ஓரணுவின் நிறை. ஒரு குன்றுமணி எடை ஆக்ஸிஜனில் நான்கு கோடியே கோடானுகோடி (4,0000000,0000000,0000000) அணுக்கள் உள்ளன. பதின்மூன்று கோடி ஆக்ஸிஜன் அணுக்கள் ஒன்றின்பக்கமொன்ருய் அடுக்கப்பட்டால், அவற்றின்நீளம் ஒரு அங்குலமேயிருக்கும். எனவே அணுவொன்று எத்துணை நுணுக்கமானது என்பதைக் கற்பனை செய்துகொண்டு கூடக் காணமுடியாதுள்ளது. அவ்வளவு நுண்ணிய அணுவொன்று அடர்த்தியாயும் இடுக்குகளேயில்லாமலும் இறுகியிருக்கும் என, எண்ணலாம். ஆனல், அது அப்படி இல்லை. அதில் பெரும் பகுதி கூடு. செல் ஒன்றில் இருப்பதைப்போல், அதன் நடுவில் ஒரு நியூக்ளியஸ் உள்ளது. அந்த நியூக்ளியஸ் இடமின்சாரம் (**Positive Electricity**) ஏற்பான முதலுருக் (புரோடான்கள்-**Protons**) களால் ஆனது. நியூக்ளியஸைச் சுற்றிலும், எலக்ட்ரான்கள் வட்டமிடும். எலக்ட்ரான்கள் மறுமின் சார (**Negative Electricity**) ஏற்பானவை. ஒரே வகையான மின்சார யேற்பான இரு வஸ்துக்கள் அருகில் இருக்கநேர்ந்தால், அவை எதிரான வாட்டங்களில் விலகிச் செல்லும் போக்குடையவை, அவற்றிடை எதிர்ப்போதல் (ரிபல்ஷன் — **Repulsion**) ஏற்படுகின்றது. ஒன்று ஒருவகை மின்சார ஏற்பானதாயும் மற்றொன்று மற்றொருவகை மின்சார ஏற்பானதாயும் உள்ள இரு வஸ்துக்கள் ஒன்றையொன்றை நோக்கி வரும் போக்கானவை. அவற்றிடை, கவர்ச்சி (**Attraction**) ஏற்படும். ஒவ்வொரு புரோட்டானும் முறையே, ஒரேயளவான மின்சார எற்பானது. இவ்வாறுள்ள அளவான மின்சாரமே அதன் எற்பு (சார்ஜ்-**Charge**) எனப்படுவது. எலக்ட்ரான்கள் ஒவ்வொன்றும், முறையே, ஒரேயளவான மின்சார ஏற்பானவை. எலக்ட்ரான் ஒன்றின் மறு மின்சார ஏற்பும் (நெகடிவ் எலக்டிரிகல் சார்ஜும்) புரோட்டான் ஒன்றின் இடமின்சார ஏற்பும் [பாஸிடிக் எலக்டிரிகல் சார்ஜும்] ஒரேயளவானவை. அணுவொன்றின் நியூக்ளியஸில் புரோட்டான்கள் உள்ளன எனவும் எலக்ட்ரான்கள் நியூக்ளியஸைச் சுற்றி வட்டமிட்டுக் கொண்டிருப்பன எனவும் மேலே கூறினேம். நியூக்ளியஸிலுள்ள புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கையும், வட்டமிடும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும் நிகரானவை. எனவே, அணுவொன்றில் இருவகையான மின்சார யேற்புகளும் நிகரளவாயுள்ளன. ஆயினும் அவை ஒன்றையொன்று எதிர்த்தவை. அதனல் மின்னேற்பினளவு சரிக்கட்டப்பட்டு விடுகின்றது. மொத்தத்தில் அணு, எவ்வகை மின்சாரமும் மிகுதிப்படாததான, 'நண்ணல்' (நியூட்ரல் - **Neutral**) தன்மையினதாய் ஆகின்றது. இரண்டு அணுக்கள் ஒன்றின் அருகில் மற்றொன்ருய் வரநேர்ந்தபோது, ஒன்றினது எலக்ட்ரான்கள் மற்றொன்றினதை நெருங்குகின்றன. அவை ஒரேவாருன மின்சார ஏற்பானவை. எனவே அவற்றிடை 'எதிர்ப்போதல்' (ரிபல்ஷன்) ஏற்படுகின்றது. ஒரே

மின்னேற்பும் அயான்களும்

வாறான மின்னேற்புகளை, முறையே, கொண்ட இரு வஸ்துகளிடைத்தூரம் குறையக் குறைய, அவற்றிடை ஏற்படும் 'எதிர்ப்போகு வலிமை (ரிபல்ஸிவ் போர்ஸ்) முறையே அதிகரித்துவரும். அதனால், இரண்டு அணுக்கள் மிகவும் நெருங்கும்போது அவற்றிடையேற்படும் எதிர்ப்போகு வலிமை (ரிபல்ஸிவ் போர்ஸ்) அதிகமாயிருக்கும். இந்நிமித்தம் இரண்டு அணுக்கள் ஒன்றினுள் மற்றொன்றாய் ஊடுருவிச்செல்லல் இயலாது; அவை வெவ்வேறான தனி அணுக்களாகவே யுள்ளன. பெரும் பகுதியில் கூடான அணுவொன்று எங்ஙனம் ஒரு தனி உருப்படியாய் நிலைத்துள்ளது என்றால் அதன் வட்டமிடும் எலக்ட்ரான்கள் கடும் வேகத்துடன் சுற்றி வந்து கொண்டுள்ளமையின், எனலாம். அவை சற்றேறக்குறைய, ஸெகண்டிற்கு பதினெட்டாயிரம் மைல்களாலான வேகத்துடன் வட்டமிடுகின்றன. அதாவது ஒரு ஸெகண்டில், அவை லக்ஷக்கோடி தடவைகள் நியூக்ளியஸை வட்டமிடுகின்றன. ஒருவன் கயிறொன்றை வேகமாய்ச் சுழற்றுகிறான். அக்கயிறு சுழல்கின்ற இடம், கயிறு ஆங்கு வருவதற்குமுன் தடங்கலேயில்லாத இடமாயிருந்தது. கயிறு சுழலும்போது அவ்விடத்தில் கையை வைக்க முடியுமா? கையை வைத்தால், கை தடங்கல் படுகின்றது; நல்ல சாட்டையடியும் படுகின்றது. ஆயினும், ஒரு குறித்தக்ஷணத்தில் கயிறுள்ள பகுதியிடத்தைத் தவிர மற்ற பகுதிகள் ஒன்றுமில்லாக் கூடிடங்களே. கயிறு சுழற்றப்படும் வேகம் ஸெகண்டிற்கு நான்கு வட்டங்களுக்குமேல் இருக்காது. ஒரு ஸெகண்டில் லக்ஷக்கோடி வட்டங்களான வேகத்துடன் ஒரு பொருள் சுழன்று கொண்டுள்ள இடம் எப்படியிருக்கும், என்பதைக் கூறவே வேண்டியதில்லை. பெரும்பகுதியில் கூடான அணுவொன்று திண்ணமான உருப்படி ஒன்றைப்போல், ஏனுள்ளது, என்பதை அறிகிறோம். இன்னும் அணுவிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் எவ்வகையிலாயினும் விடுவிக்கப்பட்டால், அவை எவ்வளவு சக்தி வாய்ந்தவையாயிருப்பன என்பதையும் அறிகிறோம். அணுவொன்று எவ்வாறாயினும் தனக்கானதைவிட அதிகத் தொகையான எலக்ட்ரான்களைக் கொண்டிருந்தால், அது 'மறு மின்சார ஏற்பு' கொண்டதாகும். அது 'மறு மின்னேற்பானது' (நெகடிவாய் சார்ஜானது). அணு வொன்றினின்று எவ்வாறாயினும் தனக்கான எலக்ட்ரான்களில் சில வற்றை இழந்துவிட நேரிட்டால், அது 'இடமின்சார ஏற்பு' கொண்டதாகும். அது 'இடமின்னேற்பானது' (பாஸிடிவாய் சார்ஜானது). அவ்வாறு, தமக்கானதைவிட அதிகமாகவாயினும் குறைவாக வாயினும் உள்ள தொகையினவான எலக்ட்ரான்களைக்கொண்ட அணுக்கள் அயான்கள் எனப்படுபவை. அதாவது, மின்னேற்பான (சார்ஜான) அணுக்கள், அயான்கள். முன் அத்தியாயத்தில் கரையங்களில் ஏற்படுகின்ற அயான்களைப்பற்றி நாம் கூறியுள்ளோம். ஸோடியம் குளோரைட் என்ற உப்பு கரைக்கப்பட்ட கரையத்தில், சில ஸோடியம் அயான்களும், அத்தொகையினவேயான குளோரின் அயான்களும், இருப்பன எனக்கூறினோம். அவற்றில், ஸோடிய அயான்கள், முறையே, சில எலக்ட்ரான்களை இழந்துவிட்ட ஸோடிய அணுக்கள். எனவே,

அவை இடமின்னேற்பானவை அவை இட மின் அயான்கள் (பாஸிடிவ் அயான்கள்) எனப்படுகின்றன. குளோரின் அயான்கள் முறையே, சில எலக்ட்ரான்களை அதிகமாய்க்கொண்ட குளோரின் அணுக்கள். அவை மறு மின்னேற்பானவை; மறுமின் அயான்கள் (நெகடிவ் அயான்கள்) எனப்படுகின்றன. சாதாரணமாக அணுக்கள் 'நண்ணல்' (நியூட்ரல்) நிலைமையிலுள்ளன. அந்நிலைமையில் அவை தனி உருப்படியான பொருளொன்ருய் அமையலாம். கரையங்களிலுள்ள போதும், இன்னும் சில தருணங்களிலும், மட்டுமே அவை அயான்கள் நிலைமையிலுள்ளன. அந்நிலைமையில் அவை தனித்துள்ள பொருள்களாய்க்காண இயலாதவை. ஆஸிட் கரையங்களிலும் ஆல்கலிக்கரையங்களிலும் எற்படுகின்ற அயான்கள் ராடிகிள்களையொட்டிய அயான்கள். அவை அக்கரையங்களிலுள்ளபோது மட்டுமே ஒருவாறு தனிப்பட்டவையாய் உள்ளன. ராடிகிள்கள் எல்லாம் மின்னேற்பானவையாதலின், அவை உருப்படியான பொருள் ஒன்ருய் அமைய இயலாதவை. மற்ருெரு அடிப்பண்ட அயானுடனுயினும், ராடிகிள் அயானுடனுயினும் ஐக்கியம் [கம்பைன்] ஆகி, உருப்படியான பொருளாய் அமையலாம். ஆஸிட்கரையங்களிலுள்ள ஹைட்ராக் ஸோனியம் அயான்கள், இடமின்னியலானவை [பாஸிடிவானவை]. ஆல்கலிக்கரையங்களிலுள்ள ஹைட்ராக்ஸைல் அயான்கள் மறு மின்னியலானவை (நெகடிவானவை). இவை இரண்டும் ஐக்கியமாதலால் (கம்பைன் ஆவதால்) 'நண்ணல்' (நியூட்ரல்] நிலைமையான இரண்டு நீர் மூலத்துகள்களாய் ஆகின்றன. உருப்படியான பொருள் ஒன்று எற்படுகின்றது. ஒரு நைட்ரஜன் அணுவும் மூன்று ஹைட்ரஜன் அணுக்களும் ஐக்கியமாதலையொட்டி அம்மோனியா வாயு என்ற நண்ணல் (நியூட்ரல்) பொருள் பயத்தப்படுகின்றது, இது நீர் என்ற மற்ருெரு நண்ணல் (நியூட்ரல்) பொருளுடன் ஐக்கியமாவதால், அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைட் என்ற நண்ணல் (நியூட்ரல்) பொருள் எற்படுகின்றது. இது, ஒரு நைட்ரஜன் அணுவையும் நான்கு ஹைட்ரஜன் அணுக்களையும் கொண்ட 'அம்மோனியம்' என்ற இடமின் அயானுன ராடிகிளும், ஹைட்ராக்ஸைல் என்ற மறுமின் அயானுன ராடிகிளும் ஐக்கியமான (கம்பைன் ஆன) பொருள். ஆகவே, ராடிகிள்கள் எல்லாம் அயான்களே. 'நண்ணல்' (நியூட்ரல்) நிலைமையிலுள்ள ராடிகிள்கள் இல்லவே இல்லை. உலோகமன்ன அடிப்பண்ட மிகல்கள் (மெடாலிக்கு ராடிகிள்கள்), இடமின் அயான்கள்; உலோகமல்லாதவன்ன அடிப்பண்டமிகல்கள் (நான் மெடலிக்கு ராடிகிள்கள்) மறுமின் அயான்கள்.

மின்சாரம் செல்லக்கூடிய பொருள்கள், சாதாரணமாய், உலோகங்களே. அவை மின்சாரத்தைக் கடத்துகின்றவை. (கண்டக்டு — **Conduct** செய்கின்றவை.) உலோகத்துண்டு ஒன்றின் அணுக்களிலிருந்து சில எலக்ட்ரான்கள் கழன்று விடுகின்றன. அவ்வாறு கழன்ற எலக்ட்ரான்கள், தனிப்பட்டு நீங்கிவிடலாம்;அன்றி அதிலுள்ள அணுக்கள்சிலவற்றில் சேர்ந்துவிடலாம். எலக்ட்ரான்

கள் நீங்கிவிட்டால், உலோகத்துண்டிலுள்ள அணுக்களக்கான எலக்ட்ரான்களின் தொகை குறைகின்றது. ஆதலின் இட இடமின்னேற்பானதாய் ஆகின்றது. அதிலுள்ள அணுக்களில் சிலவற்றில் சேர்ந்தால், அவ்வணுக்களில் அவற்றிற்கானதைவிட அதிக தொகையான எலக்ட்ரான்கள் உள்ளன. எனவே அவை மறுமின்னேற்பினவாய் ஆகின்றன. உலோகத்துண்டும் மறுமின்னேற்பினதாய் ஆகின்றது.

ஆகவே நாம் சாதாரணமாய் மின்சாரம் எனக்கூறுவது, எலக்ட்ரான்களின் ஈட்டமேயாம். எலக்ட்ரான்கள் எல்லாம் ஒரே வாறுன மின்னேற்புடனுள்ளவை. ஆதலின், அவை, ஒன்றினின்றொன்று எதிர் விலகிப்போகும் போக்குடையவை. அவ்வெதிர்ப்போகு வலிமையின் (ரிபல்ஸிவ் போர்ஸின்) அளவு அதிகமாயிருக்கும். ஓரிடத்தில் ஒரு வேளையிலுள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஆங்கான மின்சாரத்தின் தொகையளவைக்குறிப்பிடும். ஒரு ஸெகண்டில் ஓரிடத்தினூடே செல்கின்ற எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஆங்கான மின்னோட்டத்தின் (எலக்ட்ரிக் கர்ரண்டின் **Electric current**) அளவைக் குறிப்பிடும். எலக்ட்ரான்கள் மிகவும் நெருங்கியுள்ளபோது அவற்றிடை ஏற்படும் எதிர்ப்போகு வலிமை அதிகமாயிருக்கும். எனவே, அவை, வேகமாய் விலகி யோடுகின்றன. மின்னோட்டத்தினளவு அதிகமாகும். எலக்ட்ரான்களிடை ஏற்படும்

மின்னியக்க வலிமையும் மின்னோட்டமும்

எதிர்ப்போகு வலிமையே மின்னோட்டத்தைப் பயத்துவது. அவ்வலிமையினளவு எலக்ட்ரான்களின் ஈட்டம் அதிகமாயுள்ள இடத்தில் அதிகமாயிருக்கும். மின்சார ஈட்டம் அதிகமாயுள்ள இடம், மின்சாரம் உற்பத்தியாகும் இடம். ஆங்கான அவ்வலிமையினளவு, மின்னியக்கவலிமையினளவு, (**Measure of Electro motive Force**) எனப்படும். அவ்வலிமையையொட்டி மின்னோட்ட முண்டாகி, எலக்ட்ரான்கள் மேலும் மேலும் விலகிச் செல்வதால், அவற்றிடை ஏற்படும் எதிர்ப்போகு வலிமையும், முறையே குறைந்துகொண்டு போகும். ஆதலின் மின்சார ஓட்டமுள்ள எல்லா இடங்களிலும் அவ்வலிமை ஒரேயளவாயிருக்காது. முறையே, இரு இடங்களிலுள்ள அவ்வலிமையினளவுகளின் வேற்றுமை உகைப்புத்தரவேற்றுமை (பொடன்ஷியல் டிபரன்ஸ் - **Potential Difference**) எனப்படும். நாம் ஒரு சட்டத்தின் நீளத்தை அளவிட்டு, அது 10 அங்குல நீளமானது எனக்கூறுகிறோம். ஒரு வஸ்துவின் நிறை 2 பலம் என்கிறோம். இப்படி ஒவ்வொரு வகையான அளவையும் செய்யும்போது முறையே, அவ்வவ்வகைக்கான அளவுப் பிரமாணம் ஒன்றை அடிப்படையாய் கொண்டே, அளவிடுகிறோம். அவ்வாறுன அடிப்படை அளவுப்பிரமாணம் யூனிட் (**Unit**) எனப்படும். நீட்டலளவின் யூனிட், அங்குலம்.

தெரியற் செய்கை முறையையொட்டி அளவிடும்போது ஸெண்டிமீடர் என்றது நீட்டலளவை யூனிட்டாய் ஏற்பட்டுள்ளது. சுமாராக இரண்டரை ஸெண்டிமீடர் நீளம் ஒரு அங்குலமிருக்கும்); நிறுத்தலளவை யூனிட், கிராம் (சுமாராக, பத்து கிராம்கள், ஒருபலமிருக்கும்); வலிமையளவிடப்படும் யூனிட், டைன் எனப்படும்; வேலை அளவிடப்படும் யூனிட் 'ஜவுல்' எனப்படும். வேலை = வலிமை × தூரம் என முன்னரே கூறியுள்ளோம். ஒரு கோடி டைன்கள் வலிமை, ஒரு ஸெண்டிமீடர் தூரம் நகர்வதால், ஒரு ஜவுல் வேலை செய்யப்படும்; ஒரு ஸெகண்டில் செய்யப்படும் வேலையினளவு, எண்தனே (பவர் — **Power**) எனப்படும்; ஒரு ஸெகண்டில் ஒரு ஜவுல் வேலை செய்யப்படும்போது எண்தனே (பவர்) ஒரு வாட்டு (**Watt**). இயக்க வியலான வேலை (மெகானிகல் வர்க் — **Mechanical work**) செய்யப்படும்போது அதை அளவிடும் யூனிட்டைப் பொருத்தவாறு மின்சாரத்தால் செய்விக்கப்படும் வேலையை யளவிடும் யூனிட்டும் நிர்ணயிக்கப்பட்டுள்ளது. மின்சாரத்தால் செய்விக்கப்படும் வேலை, எலக்ட்ரான்களின் எதிர்ப்போகு வலிமையினுல் செய்யப்படுவது. அவ்வலிமை, மற்றவகை வலிமைகளினின்று வேற்றுமையான தன்மையினதன்று. அது ஏற்படும் மாதிரி மட்டுமே வேருனது. ஆகவே ஒரு யூனிட்டான மின்னியக்க வலிமையால், ஒரு யூனிட்டான மின்னோட்டம் பயத்தப் படும்போது, செய்யப்படும் வேலை, ஒரு ஜவுலாயிருக்குமாறு மின்னியக்க வலிமையின் யூனிட்டும், மின்னோட்ட யூனிட்டும், பிரமாணிக்கப்பட்டுள்ளன. மின்சாரத்தை யொட்டிய 'எண்தனே' (பவர்)யின் யூனிட்டும், ஒரு 'வாட்டு' என்பதே. மின்னியக்க வலிமையும் உகைப்புத்தரவேற்றுமையும் ஒரே யூனிட்டைக்கொண்டு அளவிடப்படலாம். அந்த யூனிட் 'வோல்டு' (**Volt**) என்பது. அது பத்து கோடி டைன்களுக்கு நிகரானது. மின்னோட்ட யூனிட் ஆம்பியர் (**Ampere**) எனப்படுவது; அது ஒரு ஸெண்டிமீடரின் பத்திலொரு பங்கான மிலிமீடர் அளவையொட்டியது. மின்சாரத்தின் தொகையளவு, ஒரு ஆம்பியரான மின்னோட்டம் ஒரு ஸெகண்டிற்குப் பாய்வதாலான அளவு; அது குலூம் (**Coulomb**) எனப்படுவது. ஒரு ஆம்பியர் மின்னோட்டம் ஒரு மணி நேரம் செல்வதால் அளவிடப்படும் மின்சாரத் தொகை ஆம்பியர் - மணி (**Ampere - Hour**) என்ற யூனிட். வேலை செய்யப்படும் எண்தனே (பவர்)யளவு 'வாட்டு என்ற யூனிட்டால் அளவிடப்படுவது என மேலே கூறினேம். ஆயிரம் வாட்டுகள், ஒரு கிலோ வாட்டு எனப்படும்' ஒரு கிலோ வாட்டு (**Kilo watt**) எண்தனே (பவர்)யுடன் ஒரு மணி நேரத்தில் செய்யப்படும் வேலையினளவு ஒரு கிலோ வாட்டு மணி (**Kilowatt Hour**) எனப்படும். இந்த யூனிட்டைக்கொண்டே நமது வீடுகளில் நாம் செலவிடும் மின்சார சக்தி அளவிடப்பட்டு, நம்மிடமிருந்து அதற்கான பணம் வசூலிக்கப்படுகின்றது;

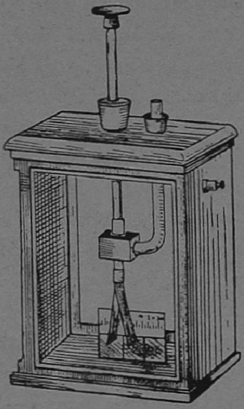
ஒரு பொருளின் அணுக்களது எலக்ட்ரான்கள் சில அவ்வணுக்களினின்று விடு விக்கப்பட்டுத் திரள்வதினுல், மின்சாரம் பயத்தப்படுகின்றது என மேலே கூறினோம். எனவே மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்தல் என்றால், பொருளொன்றின் அணுக்களது எலக்ட்ரான்களில் சிலவற்றை அவ்வணுக்களினின்று தனிப்படுமாறு செய்தல், என்பதேயாம்: இதைப் பல வழிகளில் செய்யலாம்: ஒரு வஸ்துவை மற்றொன்றால் அழுத்தித் தேய்ப்பதால், அதாவது அவற்றை நன்கு உராய் வித்தலால், சில எலக்ட்ரான்கள் அவ்வஸ்துகளின் அணுக்களினின்றுகழற்றப்படலாம். இம்முறையையொட்டி மிகச்சில எலக்ட்ரான்களே தனிப்படுவன. ஆதலின், அதிக வலிவான மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்ய முடியாது. ஆயினும், அச்சில எலக்ட்ரான்கள் மிகச்சிறிதளவான இடத்தில் கூடியிருக்குமாயின், அவற்றாலான மின் 'உகைப்புத்தரம்' (பொடன்ஷியல்) அதிகமாயிருக்கும். பல்லாயிரக்கணக்கான வோல்டுகள் அளவுள்ள மின்சாரம் இவ்வகையில் எற்படலாம். இவ்வகையில் உற்பத்தியாகின்ற மின்சாரம் ஸ்தம்பித மின்சாரம் (ஸ்டாடிக் எலக்ட்ரிஸிடி—**Static Electricity** அல்லது உராய்வு மின்சாரம் (**Frictional Electricity**) எனப்படும். இரண்டாம் வகையில், ரஸாயன மாற்றத்தின் வழியே மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யப்படும். சில கரையங்களில் இடமின்னேற்பாக வாயினும் மறு மின்னேற்பாகவாயினும் உள்ள அயான்கள் இருப்பன எனக்கூறியுள்ளோம். அவை நண்ணலாகும் (நியூட்ரலைஸாகும்) வேட்கையுடனுள்ளவை. ஆதலின் இடமின்னேற்பானவை எலக்ட்ரான்களை நாடுகின்றன. மறுமின்னேற்பானவை எலக்ட்ரான்களைக் கழிக்கக் காத்திருப்பவை. உலோகக் கம்பியொன்றின் வழியே வேறு பொருளின் அணுக்களிலிருந்து இடமின்னேற்பான அயான்களுக்குத் தேவையான எலக்ட்ரான்களைக் கடத்தலாம்; அல்லது கம்பியின் வழியாக வேறு பொருளின் அணுக்களுக்கு மறு மின்னேற்பான அயான்களின்று எலக்ட்ரான்களைச் செலுத்தலாம். எனவே, இவ்விரு வழிகளில், எவ்வொரு வழியாகவேனும், ஓடுவதற்குத் தயாராயுள்ள எலக்ட்ரான்களைக் கம்பியொன்றின் வழியே கடத்தலாம். அப்போது அக்கம்பியில் மின்னோட்டம் எற்படும். இது மின்சாரக் கொட்டலி (எலக்ட்ரிக் பாட்டரி — **Electric Battery**) முறை. மின்சாரவுற்பத்திக்கு இவ்வழி வசதியானது. ஆனல், மின்னியக்க வலிமை (எலக்ட்ரோமோடிவ் போர்ஸ்) குறைந்திருக்கும். அது, 1—3, வோல்டுகளுக்கு அதிகமாயிருக்காது. இன்னும் இம்முறையையொட்டி மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்ய பணச்செலவு அதிகமாகும். காந்தவலிமையைக்கொண்டு, ஒரு கம்பியிலுள்ள தனிப்பட்ட எலக்ட்ரான்களை ஒரு நுனியின்று மற்றொரு நுனிக்குப் போகும் வகையில் கவர்ந்து, மின்சாரவுற்பத்தி செய்வது, மூன்றாம் வழி. இம்முறையையொட்டியே மின்வலிமைப் பயத்திகள் (டைனமோக்கள் - **Dynamos**) பண்ணப்படுகின்றன. பெருவாரியாய் மின்சார உற்பத்தி செய்ய இவ்வழியே

மின்சார உற்பத்திக்கான பல வழிகள்

அனுசரிக்கப்படுகின்றது. இம் முறையை யொட்டி பல்லாயிரக்கணக்கான வோல்டுகளுள்ள மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்யலாம். ஆயினும், ஐம்பது முதல் ஐயாயிரம் வரையான வோல்டுகள் மின்னியக்க வலிமையுள்ள மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்யுமாறே, டைனமோக்கள் கட்டப்படுகின்றன. மின் வலிமைத் திறன் அதிகமாயுள்ளபோது, ஸ்தம்பித மின்சாரத்தையொட்டி (**Static Electricity**) உள்ளதைப்போன்று, எலக்ட்ரான்கள் ஒரேயிடத்திலகூடியிருப்பதில்லை. ஆதலின் அது மின்னோட்டத்திற்கான வகையினது. இம்முறை மின்காந்த ஆற்றுவிப்பு முறை '(எலக்ட்ரோ மாக்னடிக் இண்டக்ஷன் **Electro magnetic Induction.**)

உராய்வு மின்சாரம்

உராய்வினல் மின்சாரவுற்பத்திசெய்யும் வகையே முதன் முதலாய்க் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. அரக்குக் குச்சியொன்றை கம்பளித்துண்டொன்றால் நன்ருய் அழுத்தித் தேய்த்துவிட்டு, அக்குச்சியை சிறு நெட்டித் துண்டுகள் கிட்டக்கொண்டுபோனல் அத்துண்டுகள் குச்சியை நோக்கி வருகின்றன. அரக்குக் குச்சியை நாம் அழுத்தித் தேய்ப்பதையொட்டி, அதிலும் கம்பளித்



படம். 96

மின்னேற்புளவறிக் கருவி. (Electroscope)

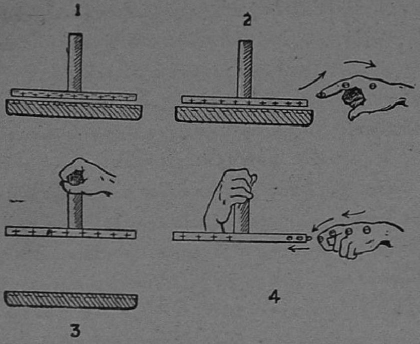
துண்டிலுமுள்ள அணுக்கள் சிலவற்றிலிருந்த எலக்ட்ரான்கள் வெளியே பிடுங்கப் படுகின்றன. அவ்வாறு கழன்றுவந்த எலக்ட்ரான்கள் அரக்குக் குச்சியின்மீது

வந்தடைகின்றன. அதனல், அரக்குக்குச்சி மறு மின்னேற்பானதாய் ஆகின்றது அது, செட்டித்துண்டுகளின் கிட்டவரும்போது, செட்டியிலுள்ள அணுக்களது நியூக்ளியஸ்கள் அரக்கின் மீதுள்ள எலக்ட்ரான்களால் கவர்ச்சியுறுகின்றன; அவற்றின் எலக்ட்ரான்கள் எதிர்வாட்டத்தில் விலக்கப்படுகின்றன. எனவே, அரக்கின் அருகிலுள்ள செட்டிப்பகுதி இட மின்னேற்பானதாகின்றது; எட்டமாயுள்ள செட்டிப்பகுதி மறு மின்னேற்புடனுள்ளது. செட்டித்துண்டு அரக்குக் குச்சியை நோக்கி இழுக்கப்படுகின்றது. அரக்குப் பொடியைக் கம்பளித்துண்டில் வைத்து நன்ருய்க் கசக்கித் தேய்த்துவிட்டு, அதை மேஜையின்மீது தூவுவோம். பிறகு, கம்பளித் துண்டால் தேய்க்கப்பட்ட அரக்குக் குச்சியை அப்பொடியின் அருகில் கொண்டுபோனல், அத்தூள்கள் குச்சியினின்று விலகியோடுகின்றன. எனவே, ஒரே வகையான மின்னேற்புள்ளவை ஒன்றினின்ருென்று விலகிப்போகும் தன்மையானவை, என, அறியலாம். இம்முறையையொட்டியதான மின்னேற்புளவுவறிக் கருவியொன்று அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அது, மின்சாரங்காட்டி (எலக்ட்ராஸ்கோப்—**Electroscope**) எனப்படுகின்றது. அதில், மிக மெல்லிய உலோக ரேக்குகள் இரண்டு பக்கம் பக்கமாய் ஒரு உலோகக் கம்பியினின்று தொங்கியவாறு, கண்ணுடிப் பெட்டியொன்றினுள் உள்ளன. அக்கம்பியின் மற்ருெரு நுனி பெட்டியின் வெளியே நீட்டிக்கொண்டிருக்கும். அந் நுனியில் சிறு உலோகத்தட்டு ஒன்று இருத்தப்படும். மின்னேற்பான வஸ்துவொன்றை அத்தட்டின் அருகில் கொண்டு போனல், பெட்டியிலுள்ள ரேக்குகள் ஒன்றினின்ருென்று எதிர்நோக்கி விலகுகின்றன. அவை என் விலகுகின்றன என்பதை சுலபமாய் விளக்கலாம். தட்டின் அருகில் கொணர்ந்த வஸ்து இட மின்னேற்பானதாயிருந்தால், தட்டிலுள்ள தனிப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் கவர்ச்சியுறுகின்றன. ஆதலின் கம்பியின் கீழ் நுனியிலுள்ள ரேக்குகளினின்று, தட்டை நோக்கி எலக்ட்ரான்கள் சில ஓடுகின்றன. ரேக்குகள் இரண்டும் எலக்ட்ரான்கள் குறைந்தவையானமையின், இடமின்னேற்பானவையாய் ஆகின்றன. ஒரே வாருன மின்னேற்புடனுள்ள அவை எதிர் வாட்டங்களிலாய் விலகுகின்றன. தட்டின் அருகில் கொண்டு வரப்படும் வஸ்து மறு மின்னேற்பானதாயிருந்தால், தட்டிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் சில எதிர் போகு விலக்கமாகி, ரேக்குகளை நோக்கி ஓடுகின்றன. ரேக்குகள் எலக்ட்ரான்கள் அதிகமானவையாகி, மறு மின்னேற்பினவாக ஆகின்றன;ஒன்றினின்ஞென்று விலகுகின்றன. வஸ்து மின்னேற்பற்றதாயின், ரேக்குகள் விலகா. ஆகவே, வஸ்துவொன்று மின்னேற்புடனுள்ளதையும், இவ்லாததையும் அறிந்து கொள்ளலாம். இன்னும், தக்கவாறு சோதனை செய்து, அவ்வஸ்து எவ்வகை மின்னேற்பானது, என்பதையும் அறியலாம். ரேக்குகள் எவ்வளவு தூரம் விலகுகின்றன என்பதை அளவிட்டு மின்னேற்பின் அளவையும் கணக்கிடலாம்.

மின்சாரங்காட்டி (எலக்ட்ராஸ்கோப்)

மின்சாரவூர்தியும் உராய்வு மின்சார உற்பத்தி இயந்திரங்களும்,

மின்சாரவூர்தி (எலக்ட்ரோபோரஸ்-**Electrophorus**) என்ற கருவியைக் கொண்டு, மின்பொறி பறக்கக்கூடியவளவு மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்யலாம். அக்கருவி இருபாகங்களாலானது. ஒன்று, எபனைட் (**Ebonite**) என்ற பொருளாலான தட்டு (எபனைட் பவுண்டன் பேனாக்கள் செய்யப்படும் பொருளைப் போன்றதொன்று). மற்றொரு பாகம் எபனைட் தட்டின் அளவேயான பித்தளைத்தட்டு. இத்தட்டு கண்ணாடி கைப்பிடி பொருத்தப்பட்டது. [கண்ணாடி மின்கடத்தி (கண்டக்டர்) அன்று. எனவே அதன் வழியே எலக்ட்ரான்கள் செல்லா.] எபனைட் தட்டை முதலில், கம்பளியால் நன்கு தேய்ப்போம். அது மறு மின்னேற்பின தாகின்றது. (நெகடிவாய் சார்ஜாகின்றது.) கண்ணாடிப் பிடியைப் பிடித்துக் கொண்டு பித்தளைத் தட்டை எடுத்து எபனைட் தட்டின் மீது வைப்போம்.



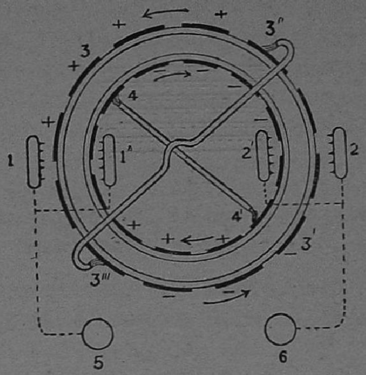
படம் (97—100).

மின்சாரவூர்தி. (**Electro-phorus**).

1. கம்பளித் துண்டால் தேய்க்கப்பட்ட பிறகு, பித்தளைத்தட்டு வைக்கப் படல்.
2. பித்தளைத் தட்டு தொடப்படல்.
3. பித்தளைத் தட்டு எடுத்து விடப்படல்.
4. மின்பொறி பாய்தல்.

தனிப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள், எபனைட் தட்டின் மறு மின்னேற்பால் விலக்கப் பட்டு, பித்தளைத் தட்டின் மேற்புறத்திற்குத் தள்ளப்படுகின்றன. அவ்வாறுள்ள போது, பித்தளைத் தட்டை விரலால் தொடுவோம். அதிலுள்ள தனிப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் எபனைட் தட்டின் மறு மின்னேற்பால் ஓச்சப்பட்டு, நமது உடலின் வழியே நிலத்திற்குள் செல்கின்றன. பிறகு, விரலை எடுத்துவிடுவோம்.

பித்தளைத் தட்டில், ஆதியிலிருந்ததைவிடக் குறைவான எலக்ட்ரான்களே இப்பொழுது இருப்பன. ஆதலின் அது இடமின்னேற்பானதாய் (பாஸிடிவ் சார்ஜானதாய்) இருக்கும். அதை, கண்ணுடிப் பிடியால் பிடித்துக்கொண்டு எபனைட் தட்டை விட்டு எடுப்போம். நமது விரலை மடக்கிக்கொண்டு, விரற் கணுவை பித்தளைத் தட்டின் அருகில் கொண்டுபோனுல், 'சடக்' என மின் பொறி பாயும். விரற் கணுவில் ஊசி குத்தியதைப்போல் 'சுரீர்' என்ற உணர்ச்சி உண்டாகும். நிலத்திலுள்ள தனிப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் பித்தளைத்



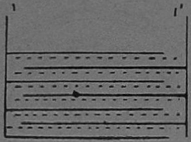
படம் 101

உராய்வு மின்சார உற்பத்தி மெஷீன் (Frictional Electricity Machine)

1, 1″, 2, 2″ —சேகரிகள் (Collectors)
3″, 3″, 4, 4′ —குச்சுகள் (Brushes)
3, 3′ —பட்டைத்தகடுகள் (Plates)
5, 6, —கடத்திகள் (Conductors)

தட்டின் இடமின்னேற்பால் வலிவாய்க் கவர்ச்சியுற்று, நமது உடலினூடே பாய்ந்து, விரலினின்று பித்தளைத் தட்டுக்குத் தாவுகின்றன. பொறி பறப்ப தற்கும், விரற்கணு 'சுரீர்' என உணர்வதற்கும் எலக்ட்ரான்களின் தாவுதலே காரணமாம். மின்சாரவூர்தி (எலக்ட்ரோபோரஸ்) முறையையொட்டி மின்சார வுற்பத்திசெய்து, அம்மின்சாரம் திரட்டப்படுவதற்கான இயந்திரங்கள் அமைக் கப்படுகின்றன. அவை உராய்வு மின்சார வுற்பத்தி (பிரிக்ஷனல்-**Frictional**) மெஷீன்கள் எனப்படுகின்றன. அவற்றில் ஒன்றுடனொன்று எதிரான இரு வாட்டங்களில் வேகமாய்ச் சுற்றப்படும் கண்ணுடி உருளைகள் இரண்டு உள்ளன. ஒவ்வொன்றிலும் முறையே, ஓர வாட்டங்களில் பல பித்தளைப் பட்டைகள்

இடைவெளி விட்டவாறு பொருத்தப்பட்டுள்ளன. உருளைகள் சுழலும்போது, அப்பட்டைகள், மெல்லிய கம்பிகளாலான குச்சுகளை (பிரஷ்களை) உராய்கின்றன. அவ்வாறான உராய்வினால், பித்தளைப் பட்டைகள் மின்னேற்பானவையாய் ஆகின்றன. உருளைகள் எதிரான இரு வாட்டங்களில் சுழல்கின்றமையின், இருவகையான மின்னேற்புகளும் முறையே, எற்படுகின்றன. அவற்றைத் தக்கவாறு ஈட்டும், சேகரிகள் (கல்லக்டர்கள்-Collectors) உள்ளன. அவை, ஒவ்வொரு வகையான எற்பையும் (சார்ஜையும்), அதனதற்கான இடங்



படம் 102

நிகரிடைத் தூரத்தகட்டு மின்வடக்கி (Parallel Plate Condenser)
1, 1′ —கடத்திகள் (Conductors)

களில், முறையே, சேமித்துவிடுகின்றன. மின்சாரத்தைச் சேமித்து வைப்பதற்கான சாதனங்கள் மின்னடக்கிகள் (கண்டன்ஸர்கள்-Condensers) எனப்படுகின்றன. அவற்றில் பலவகைகள் உண்டு. 'இணையிடைத்தூரத் தகட்டு மின்னடக்கிகள்' (பாரலல் பிளேட்டு கண்டன்ஸர்கள்-**Parallel Plate Condensers**) என்ற வகையைப்பற்றிக் கூறுவோம். அதில் ஒன்றினின்றொன்று சற்று தூரத்திலுள்ள மெல்லிய உலோகத் தகடுகள் இருக்கின்றன. முதல் தகடு-மூன்றாம் தகடு-என்ற முறையில் ஒன்றுவிட்டொன்றான தகடுகள் குறுக்குத் தகடு ஒன்றுடன் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன. அவ்வாறே, இரண்டாவது—நான்காவது—என்றானவை மற்றொரு குறுக்குத் தட்டுடன் சேர்க்கப்பட்டவை. இவ்வாறு ஒற்றைப் படையினவான தகடுகளும், இரட்டைப்படை எண்களுக்கானவையும், முறையே, வேறானவாறுஉள்ளன. இருவிரு தகடுகளினிடை முறையே, மைக்கா - கண்ணாடி - காற்று - இன்னோரன்ன மின்கடத்தியல்லாத பொருள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இம்மின்னடக்கி (கண்டன்ஸர்) மின்னேற்பாக்கப்படும் போது, அதனுள் மின்சாரம் சேமிக்கப்படும். அது, பின்வருமாறு மின்னேற்பாக்கப்படும். (சார்ஜ் செய்யப்படும்.) ஒற்றைப்படைத் தகடுகளைச் சேர்க்கின்ற குறுக்குத் தகட்டுடன் உலோகக் கம்பி யொன்றின் ஒரு நுனி இருத்தப்படுகின்றது. அதன் மற்றொரு நுனி நிலத்தில் ஊன்றப்படுகின்றது. மின்னுகைப்புத் தரம் (எலக்டரிக் பொடன்ஷியல்) மிக்கதான மின்னுற்பத்திமூலமொன்றுடன் இரட்டைப்படைத்தகடுகளை இணைக்கும் குறுக்குத்தகடு, உலோகக்

கம்பியால் சேர்க்கப்படுகின்றது. அப்பொழுது, முதல் தகட்டிலும், அதற்கடுத்துள்ள மின்கடத்தியல்லாப் பொருளிலும் இரண்டாம் தகட்டிலும், முறையே, என்னநேரிடும், என்பதைக் கவனிப்போம். மின்னுற்பத்தி மூலத்தினின்றுவரும் எலக்ட்ரான்கள் இரண்டாம் தகட்டில் பாய்கின்றன. அத்தகடு, மறு மின்னேற்பானதாய் ஆகின்றது. இவ்வெலக்ட்ரான்கள் முதல் தகட்டிலுள்ள எலக்டரான்களை அத்தகட்டின் வெளிப்பகுதிக்குச் செல்லுமாறு விரட்டுகின்றன. வெளிப்பகுதியையடைந்த எலக்ட்ரான்கள் அங்குள்ள கம்பியின் வழியே பாய்ந்து நிலத்தைச் சேர்கின்றன. நிலத்தினுள் எத்தனை எலக்ட்ரான்கள் வந்தாலும், நிலம் அவற்றை ஏற்றுக்கொள்ளும். முதல் தகட்டு எலக்ட்ரான்களும், இடைப்பொருளின் எலக்ட்ரான்களும் நிலத்தினுள் பாய்ந்துகொண்டிருத்தலால், அவற்றின் அணுக்களது எலக்ட்ரான்கள் குறைந்து, அணுவுருவும் கோணலாகின்றது. நியூக்ளியஸ்கள் முறையே, இரண்டாம் தகட்டை நோக்கி இழுப்பட்டிருப்பன. மறு மின்சாரப் பகுதிகள், முறையே, இரண்டாம் தகட்டினின்று எதிர்ப்பட்ட வாட்டமாய் விலகிப் போகின்றன. அதனல் அணுவுருவம் கோணலாகின்றது. அதாவது, மறு மின்சாரயேற்பான எலக்ட்ரான்களின் எதிர்ப்போகு வலிமையும், இட மின்சாரயேற்பான நியூக்ளியஸின் கவர்ச்சி வலிமையும், எதிரான இருவாட்டங்களில் அணுவை இழுக்கின்றமையின், அணுவின் உருவம் கோணலாகின்றது. கோணலான அணுவை, சரியான உருவானதாய் செய்வதற்கான மின் வலிமையும் உள்ளது. இவ்வலிமையினளவும் கோணலாக்கும் வலிமையினளவும் நிகராகும் வரை, அணு இழுப்பட்டு, கோணலாகி வருகின்றது. அதன் பிறகு, அது மேலும் கோணலாவதில்லை. ஆகவே, இரண்டாவது தகட்டின்மீது எலக்ட்ரான்கள் திரளாய் உள்ளன ; முதல் தகட்டின் எலக்ட்ரான்கள் பல நிலத்திற்குப் பாய்ந்துவிட்டனவாதலால், அத்தகட்டில் புரோட்டான்கள் திரளாய் உள்ளன ; இடைப்பொருளின் அணுக்கள் உருவமாறிக் கோணலாகியுள்ளன. ஆயினும் அக்கோணல் எதிர்ப்பட்ட இருவலிமைகளையொட்டியானது. அது வளைக்கப்பட்ட வில் ஒன்றிலுள்ளதைப்போல் சேமிக்கப்பட்ட சக்தியுடனுள்ளது. ஒரு வில்லை கொஞ்சம் கொஞ்சமாய் வளைக்கும்போது. அதை வளைக்கும் சக்தி அவ்வில்லிலேயே சேமிக்கப்படுகின்றது. வளைக்கும் வலிமை எடுப்பட்டவுடன், வில் தன்னில் சேமிக்கப்பட்டிருந்த சக்தியை வெளிப்படுத்திக்கொண்டு நிமிர்கின்றது. அது, அப்போது எவ்வளவு வலிமையுடன் நிமிரும் என்பதை எல்லோரும் அறிவர். இடைப்பொருளில், 'வில்' முறையையொட்டி சேமித்துவைக்கப்பட்ட சக்தியினளவு அதிகமாயிருக்கும். மேற்கூறியவாறே, இரண்டாம் தகட்டுக்கும் மூன்றாவதுக்குமான இடைப் பொருளிலும், மற்ற தகடுகளுக்கான இடைப் பொருளிலும் மின்சார சக்தி சேமிக்கப்பட்டுவரும். மின்னடக்கி (கண்டன்ஸர்) ஒன்றில் மின்சாரம் சேமித்து வைக்கப்படும் வகை, இதுவே. இரட்டைப்படை யெண்ணினவான

தகடுகளை இணைக்கும் குறுக்குத் தகடினின்று மின் உற்பத்தி மூலத்திற்குச் சென்ற கம்பியை அம்மூலத்தினின்று எடுத்துவிடுவோம். மின்னடக்கியில் (கண்டன்ஸரில்) ஓரளவு மின்சாரம் சேமிக்கப்பட்டிருக்கும். பிறகு, அக்கம்பி யின் நுனியை, ஒற்றைப்படைத் தகடுகளை இணைக்கும் குறுக்குத்தகட்டிலிருந்து வரும் கம்பியொன்றின் நுனிக்கு நேரே சற்று தூரத்தில் இருக்குமாறு கொணர்ந்து வைப்போம். ஒரு கம்பியின் நுனி இடமின்னேற்பானது; மற் றொன்றின் நுனி மறு மின்னேற்பானது. இதிலிருந்து மற்ற கம்பியின் நுனிக்கு எலக்ட்ரான்கள் தாண்டுகின்றன. சிறு மின்னல் பாய்வதைப் போன்று, பளீ ரென வெளிச்சமுண்டாகின்றது. சிறு இடி இடித்தாற்போல், படபடவென்ற ஓசையும் கேட்கின்றது. மின்பொறி பாயும்போது அக்கம்பிகளில் ஒன்றைச் சற்று தொட்டுவிட்டால், நம்முடலில் மின் அதிர்ச்சி (எலக்ட்ரிக் ஷாக்கு - **Electric Shock**) உண்டாகின்றது. அதிக மின் உகைப்புத்தரம் (பொடன் ஷியல்) இல்லாத மின்சார யேற்பான மின்னடக்கி (கண்டன்ஸர்) ஒன்றின் தகட்டைத் தொட்டுக்கொண்டு, அதிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் நமது உடலினூடே பாயுமாறு செய்தோமாயின், மின் அதிர்ச்சியால் நமது உடலின் தசைகள் பல உலுக்கப்படுவதை உணர்வோம். உடல் தெறித்துப் போவதைப் போலவும், வலிப்பு இழுப்பதைப் போன்றும், ஆன உணர்ச்சி யேற்படுகின்றது. உகைப் புத்தரம் (பொடன்ஷியல்) அதிகமாயின், மின் அதிர்ச்சி (எலக்டரிக் ஷாக்கு) அபாயகரமானது என்பதை எல்லோரும் அறிவர். மிக மிகக் குறைவான மின் னோட்டம் கண்ணில் செல்லுமாறு செய்தால், பளீரென வெளிச்சம் தோன் றும்; அவ்வளவு மின்னோட்டமே நாக்கின் நுனியில் பாயுமாறு செய்தால், அதற்கென்றுன ஒருவகை சுவையுடனுள்ளது என அறியலாம். மின்சாரத்தால் நரம்புகள் ஊக்குவிக்கப்படுகின்றன. இரட்டு (மோட்டார்) நரம்புகள் மின்சாரத் தால் தூண்டப்பட்டு தசைகளைச் சுருங்கச் செய்கின்றன. மின்சாரத்தால் நரம் புகள் தூண்டப்படற்கான காரணம் என்னவென திட்டமாய் அறியப்படவில்லை. நரம்புகளைப் போர்த்துள்ள மெல்லிய ஏட்டின் மின்னேற்பான அணுக்களை உட லில் செலுத்தப்படும் மின்சாரம் அகற்றுவதால், நரம்பில் யதியலை பயத்தப்படு கின்றது, என சில தெரியற் செய்கையோர் கூறுகின்றனர். மின்சாரத்தால் நரம்புகள் கிளர்ச்சிபடுவதில் அபாயமுண்டெனினும், அங்கிரலே (புரோஸஸே) பயனுறு வழிகளிலும் உபயோகப்படுகின்றது. பாரிச வாயுவினல் பீடிக்கப்பட்ட ஒருவனின் பிணியுற்ற அங்கங்களின் தசைகள் இயக்கப்பட இயலாதுள்ளன. அவற்றின் இரட்டு நரம்புகளை மின்சாரத்தால் தூண்டி, தசைகள் இயக்கப்படு மாறு செய்யலாம். தசைகள் சுருங்கி மீளும் பயிற்சியைப் பெறுகின்றன; நாளடைவில் நரம்புகள் தாம் இழந்த உணர்ச்சியை மீண்டும் அடைகின்றன. உக்கிரமான மின்சார அதிர்ச்சி (எலக்டரிக் ஷாக்கு) ஆளைக் கொல்வது. மின்னலாலடிபட்டு (இடிவிழுந்து) ஒருவன் இறந்துவிடலாம், என நாம் அறிவோம். உகைப்புத்தரம் (பொடன்ஷியல்) அதிகமான மின்சாரம் எவ்வகை

யினதாயினும், அது மனிதனைக் கொன்றுவிடும். அம்மின்சாரம் பாய்வதால் அவன் உடல் கருகிக் குலைந்து வெந்துபோகும். ஓரோரமயம் குறைந்தவளவு உகைப்புத்தரமான (பொடன்ஷியலான) மின்சாரத்தின் அதிர்ச்சியால் கூட மனிதர் இறப்பதுண்டு. அவ்வாறு இறந்தவரின் உடலில் மின்சாரம் சென்றது என்பதைக் காட்டும் அறிகுறிகள் எவையும் காணப்படுவனவில. சாதாரணமாய், ஒருவன் மின்னதிர்ச்சியால், உடனே கொல்லப்படுவான் ; இறக்காவிடின், சற்று நேரத்திற்குள் பூரண சுகமடைவான்.

மின்னலும் இடியும் மேகங்களில் பயத்தப்படும் மின்சாரத்தின் விளைவுகளே. ஆனல், மேகங்களில் மின்சாரம் எப்படி உற்பத்தியாகின்றது என்பதைப் பற்றி அதிகமாய் ஒன்றும் அறியப்படவில்லை. அதி வேகமாய் மேல் நோக்கி வீசுகின்ற காற்றும் கீழ் நோக்கிப் பொழிகின்ற மழை நீரும் உராய்வுறலால் அம்மின்சாரம் உண்டாக்கப் பட்டிருக்கலாம், என, அனுமானிக்கப்படுகின்றது. கீழ்நோக்கி விழுகின்ற மழைத்துளிகள் பல காற்றின் வேகத்தால் மீண்டும்மேல் வாட்டமாய் அடித்துக்கொண்டு போகப்படுகின்றன. அவை, இடமின்னேற்பாகி மேகத்தை அடைகின்றன. உயரச் செல்லச்செல்ல அவற்றின் மின்னேற்பளவு முறையே அதிகரித்து வரும். ஆதலின், இறுதியில் அவற்றின் மின்னேற்பளவு மிகவும் அதிகமாகின்றது. எலக்ட்ரான்களை ஈர்க்கும் வலிமை மிகவும் அதிகப் படுகின்றது. அக்கவர்ச்சியினுல் வலிக்கப்பட்டு மற்ற மேகங்களினின்ருயினும், நிலத்திருந்தாயினும், எலக்ட்ரான்கள் அதி வேகமாய்ப் பாய்கின்றன. இரு மேகங்களிடையிலாவது, மேகத்திற்கும் நிலத்திற்குமிடையிலாவது, மின்னல்பாய்கின்றது. மின்னல் பாய்வதற்கென அதிகவளவான உகைப்புத்தரம் (பொடன்ஷியல்) எற்படுகின்றது. அது இருபது கோடி வோல்டுகள் வரையான மின்சாரமாயிருக்கலாம். இருபது லக்ஷம் வோல்டுகளான மின்சாரம் மனித யத்தனத்தால் பயத்தப்பட்டுள்ளது. ஆனல், மின்னலில், மின் உகைப்புத்தரம் (பொடன்ஷியல்) அதிகமேயன்றி, அதன் மின்சாரத்தொகை (குவான்டிடி) மிகச்சொற்பமே; இருபது குலூம்களேயிருக்கும். அதாவது, சாதாரண மின் விளக்கொன்று ஒரு நிமிஷம் எரிவதற்குத் தேவையான மின்சாரத்தின் தொகையளவே மின்னலில் உள்ளது. மின்னல் ஒன்று நிலைத்திருக்கும் நேரம் ஸெகண்டில் பத்து லக்ஷத்திலொரு பங்கேயானது. அதற்குள் கோடிக்கணக்கான உகைப்புத்தரமான (பொடன்ஷியலான) மின்னேற்பு ரத்து செய்யப்படுகின்றது. மின்னேற்பான வஸ்துவொன்று, எற்பில்லாததாய் ஆகும் நிரலுக்கு, எற்பு உகுத்தல் (டிஸ்சார்ஜ்) என்று பெயர். மின்னல் பாயும் விதம் விந்தையானது. மின்னல் அடித்து இறந்தவர் பலர்; ஆயினும் மின்னலால் தாக்கப்பட்டும், பிழைத்துள்ளவர் பலர். அது மரங்களினூடேயும், கட்டிடங்களின் வழியேயும் செல்லும் போது, அவற்றைத்தகர்க்கும் விதம் விசித்திரமானது. மரத்தின் பட்டைமட்டும்

உரிக்கப்பட்டுவிடும்; மரம் அப்படியேயிருக்கும். கட்டிடத்தின் பகுதிகள் சில மட்டும் தூள் தூளாப்ப் போய்விடுகின்றன; மற்ற பகுதிகள் பழுதுபடாதுள்ளன. இன்னும் பலவாருன விசித்திர வகைகளில், மின்னல் செல்கின்றது. பல கட்டிடங்கள் இடிதாங்கிகள் பொருத்தப்பட்டவை. கட்டிடங்களின்மீது ஈட்டிகளைப்போன்றுள்ள அவை வானை நோக்கி நீட்டிக்கொண்டுளதை எல்லோரும் கண்டுள்ளனர். ஈட்டிகளைப் போன்றுள்ள அக்கம்புகளின் அடிப் பகுதிகளிலிருந்து செப்புக்கம்பிகள் நிலத்திற்குச் செல்வதையும் காணலாம். அக்கம்பிகளின் நுனிகள் நிலத்தில் புதைக்கப்பட்டுள்ளன. மின்னல் பாயும் போது, அது அக்கம்பிகளின் வழியே சென்றுவிடுவதால், கட்டிடம் இடிவிழுந்து இடிந்து போகாதவாறு காக்கப்படுகின்றது. மின்னேற்பு, கூரான முனைகளில் செறிவாகும் தன்மையானது. ஆதலின் முனையைச் சூழ்ந்துள்ள இடம் மின்சார யேற்பாயாகும்போது, மின்சாரம் முனையில் செறிந்தடைகின்றது; அம்முனை யினின்று கம்பின் வழியேயும், பிறகு கம்பியின் வழியேயும் நிலத்தினுள் கடத்தப் பட்டு விடும். அம்மின்சாரம் இவ்வாறு கட்டிடத்தைப் பாதிக்காது நிலத்தில் உகுக்கப்பட்டு (டிஸ்சார்ஜாகி) விடும்.

இடிதாங்கிகள்

உராய்வு மின்சாரத்தின் உபயோகங்கள் சிலவே; ஆனுல் அதையொட்டிய அபாயங்கள் பல. பெட்ரோலையூற்றி நன்ருய் அழுத்தித் தேய்த்து பட்டாடை களின்று அழுக்கை அகற்றுவதுண்டு. அப்படித் தேய்க்கும் போது உண்டாகும் உராய்வு மின்சாரம், மின் பொறி பாய்வதற்கானவளவுக்கு உற்பத்தியாகலாம். பெட்ரோலின் அருகில் பொறி பறந்தால் என்ன நேரிடும் என நாம் கூறவேண் டியதில்லை. உராய்வு மின்சாரத்தை, மனிதர் நான்கு நூற்றுண்டுகளுக்கு முன்புதான் கண்டு பிடித்தனர். நூருயிரம் நூற்ருண்டுகளுக்கு முன்பிருந்தே மின்விலாங்கு (**Electric Eel**) என்ற வகையான மீன் மின்சாரத்தை உபயோ கித்து வருகின்றது. அது தன் உடலுனுள் மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்து, சிறு ஜந்துக்களை மின்னதிர்ச்சியுறச் செய்து, அவற்றைக் கொன்றுவிடும்; சற்று பெரிய ஜந்துக்கள் மின்னதிர்ச்சியுற்று துவண்டுவிடும். அவ்விலாங்கு களின் விசித்திரமான மின்னுற்பத்தி வுறுப்புகள் எவை என்பதை இன்னும் ஒருவரும் திட்டமாய் விளக்கவில்லை. அவை தக்கவாறு மாறிய தசைகளே என எண்ணப்படுகின்றது. அம்மீனின் தசைகள் எல்லாம் மின்னியக்க முறையை யோட்டியே வேலை செய்பவையாயிருக்கலாம் என சில தெரியற் செய்கையோர் அனுமானிக்கின்றனர்.

உலோகங்களே மின் கடத்திகள் (கண்டக்டர்கள்) எனவும், மைக்கா (**Mica**) கண்ணுடி, காகிதம், காற்று, எபனைட்—இன்னோ ரன்னவை மின்கடத்திகள் அன்று எனவும் மேலே கூறினோம். அவை நீப்பிருத்திக்கள் (இன்ஸுலேடர்கள்

Insulators) எனப்படுகின்றன. ஆயினும் அவற்றினூடே மின்சாரம் செல்லவே செல்லாது என்றில்லை. மின்கடத்திகளில் (கண்டக்டர்களில்) கழன்றுள்ள எலக்ட்ரான்கள் உள்ளமையின் அவற்றின் வழியே சிறிதளவு உகைப்புத்தரமான (பொடன்ஷியலான) மின்சாரம்கூட செல்ல இயலும். அவ்வாறு அது செல்லும்போது உகைப்புத்தரத்தின் (பொடன்ஷியலின்) அளவு படிப்படியாய்க் குறைந்து வரும். எனவே அவற்றின் வழியே மின்சார ஓட்டம் ஏற்படுகின்றது. நீப்பிருத்திக்களில் (இன்ஸுலேடர்களில்) கழன்றுள்ள எலக்ட்ரான்கள் இல்லை. ஆதலின் அவற்றின் வழியே மின்னோட்டம் ஏற்படாது. மின்சாரம் ஓரளவு உகைப்புத்தரமாய் (பொடன்ஷியலாய்) உள்ளவரை, அவற்றின் அணுக்கள் கோணல் உருவானவாறுகின்றன. அதைவிட அதிக வளவாய் உகைப்புத்தரம் (பொடன்ஷியல்) ஆகும்போது, அவ்வணுக்கள் அதிக வலிமையைச் சமாளிக்க முடியாது முற்றும் உருக்குலைந்துவிடுகின்றன. சில எலக்டரான்கள் தனிப்படுகின்றன. மின்சாரம் செல்கின்றது. ஆயினும், இது மின் கடத்திகளில் ஏற்படும் கடத்தலை யொத்ததன்று. மின்சாரம் பொருளை ஊடுருவிச் செல்கின்றது. அதனால் பொருளைப் பொத்துக்கொண்டு போகின்றது. காற்றுயிருந்தால், காற்று அணுக்களினின்று சில எலக்ட்ரான்களைத் தனிப்படுத்திவிட்டுச் செல்கின்றது. ஆதலின் மின்சாரம் செல்லும் பாதையில் அயான்கள் பயத்தப்படுகின்றன. அப்பகுதி 'அயனைஸாகின்றது' எனப்படும். இவ்வாறு மின்சார சக்தி செலவழிக்கப்பட்டு, எலக்ட்ரான்களை அணுக்களினின்று தகர்த்தெடுக்கும் வேலை நடைபெறுவதையொட்டி, மின்பொறி ஏற்படுகின்றது; படபடவென்ற ஓசை கேட்கின்றது; மின்சாரம் படீரென ஊடுருவிச் செல்கின்றது. நீப்பிருத்திக்களில் (இன்ஸுலேடர்களில்) அணுக்கள் உருக்கோணலாதலையொட்டியே, மின்னடக்கிகளில் (கண்டென்ஸர்களில்) மின்சாரம் சேமித்து வைக்கப்படுகின்றது எனக்கூறியுள்ளோம். மேற்கூறப்பட்டதினின்று, மின்னடக்கிகளில் ஒரு வரம்புக்குட்பட்ட வளவான உகைப்புத்தரமுள்ள (பொடன்ஷியலுள்ள) மின்சாரத்தையே சேமிக்க இயலும், என அறியலாம். அவ்வரம்பை மீறினவளவாய் உகைப்புத்தரம் (பொடன்ஷியல்) இருப்பின், மின்னடக்கியின், 'மின்னமர்ப்பு' [டையெலக்டரிக்—**Dielectric**] எனப்படும் இடைப்பொருள் ஊடுருவப்படும். அவ்வெல்லையளவு, மின்னமர்ப்பு (டையெலக்ட்ரிக்) ப் பொருள் எது வென்பதையும், அதன் தடிப்பையும் பொருத்திருக்கும். மின்னடக்கி (கண்டென்ஸர்) ஒன்றில் சேமித்து வைக்கக்கூடிய மின்சாரத்தின் தொகையளவு, தகடுகளின் பரப்பளவையும், அவற்றின் எண்ணிக்கையையும், மின்னமர்ப்பு (டையெலக்ட்ரிக்) பொருள் எது வென்பதையும், அதன் தடிப்பையும், பொருத்தவாறிருக்கும். எனவே பல மின்னடக்கிகளில் (கண்டென்ஸர்களில்), முறையே, சேமித்து வைக்கப்படும் மின்சாரத்தின் தொகையளவுகள் வேறுபடுவன. மின்சார உகைப்புத்தரம் (பொடன்ஷியல்) ஒரு வோல்டாயுள்ளபோது, மின்னடக்கியொன்றில் (கண்டன்ஸரில்) சேமித்து வைக்கக்கூடிய

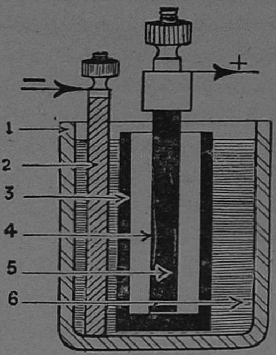
மின்சாரத்தின் தொகையளவு, மின்னடக்கியின் ' ஏற்புக்கோட்பு ' (கபாஸிடி - **Capacity**) எனப்படும். மின்சாரத்தொகையளவின் யூனிட், குலூம் எனக் கூறியுள்ளோம். எனவே, ஒரு வோல்டு உகைப்புத்தரமான, ஒரு குலூம் மின்சாரம் சேமிக்கப்படுவதற்கான மின்னடக்கியின் (கண்டென்ஸரின்) ஏற்புக் கோட்பின் அளவு, அதன் யூனிட்டாகும். அந்த யூனிட் ' பாரட் ' [**Farad**] எனப்படும். எனவே, ஒரு வோல்டான மின்சாரத்தில் இரண்டு குலூம்கள் அடக்கப்படலின் ' ஏற்பு கோட்பு ' 2 பாரட்கள்; மூன்று குலூம்களைக்கொள்வதினது 3 பாரட்கள்; இவ்வாறே பலவும். இரண்டு வோல்டான மின்சாரத்தில் ஒரு குலூம் சேமிக்கப் படுவதின் ஏற்புக்கோட்பு, $\frac{1}{2}$ பாரடாகும்; மூன்று வோல்டானல், ஏற்புக்கோட்பு $\frac{1}{3}$ பாரடாகும்; இவ்வாறே பலவும். பல வகையான மின்னடக்கிகள் உபயோகத்திலுள்ளன. மோட்டார் கார்களிலுள்ள மாக்னடோக்களிலும் (**Magnetos**) ரேடியோப் பெட்டிகளிலும், இன்னும் பல கருவிகளிலும் தக்கவாறமைக்கப்பட்ட மின்னடக்கிகள் (கண்டென்ஸர்கள்) உள்ளன.

ரசாயனமாற்ற மின்னுற்பத்தி வழியும் மின் கோட்டலிகளும்,

ரஸாயன மாற்றத்தை யொட்டி மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யப்படும் வகையைப்பற்றி, இனிக்கூறலாம். இவ்வழியில் அமைக்கப்படுகின்ற மின்சாரக் கொட்டலிகள் (எலக்ட்ரிக் பாட்டரிகள்-**Electric Batteries**) எனப்படும் மின்னுற்பத்திக் கருவிகள் அதிக இடம் அடைத்துக்கொள்ளாதவை; சுலபமாய்க் கையாள முடிந்தவை; எனவே, வசதியானவை. ஆனல் அவற்றைக்கொண்டு பெருவாரியாக மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யவேண்டுமாயின், ஏராளமான செலவு பிடிக்கும். அம்முறையையொட்டி, மின்சார உற்பத்தி செய்வதற்கென, உலோகமொன்றை அதன் தரளமான தொன்ருய் ரஸாயன மாற்றமாகும்படி செய்யவேண்டும். பெருவாரியாக மின்சார வுற்பத்தி செய்யப்படுவதற்கு வேண்டப்படுமளவு உலோகத்தை வாங்கக்கட்டாது. மூன்ரும் வழியென நாம் கூறப்போவதில், குறைந்த விலையான இரும்பாலமைக்கப்பட்ட இயந்திரங்களும், நீரும், நிலக்கரியுமே, தேவையானவை. நிலக்கரியை எரித்து நீரைச் சூடேற்றி சூட்டைக்கொண்டு இயக்கவியலான வேலை செய்விக்கப்பட்டு, அவ்வேலை, மின்னுற்பத்தி இயந்திரங்களின் சக்கரங்களைச் சுழற்றப் பயனக்கப்படும்; அன்றி, நிலக்கரியின்றியே, நீர் வீழ்ச்சிகளின் சக்தியைக்கொண்டே மின்னுற்பத்தி இயந்திரங்கள் வேலை செய்யுமாறு அமைக்கப்படும். ஆதலின், பெருவாரியாக மின்னுற்பத்தி செய்வதற்கு அவ்வழியே ஏற்றது. சாதாரணமாக, நாம், இருட்டில் வழி தெரிந்து கொள்வதற்காக கையில் எடுத்துச்செல்லும் மின்தீபிகைகள் (எலக்ட்ரிக் டார்ச்சுகள்-**Electric Torches**) எரிவதற்கான சக்தியை விளைவிக்கும், கொட்டலிகளில் (பாட்டரிகளில்-**Batteries**) இரண்டாம் வழியில் மின்சாரம் உற்பத்தி

செய்யப்படுகின்றது. அதில் துத்தநாகம் ரஸாயனீயமாக எரிக்கப்படுவதால், மின்சார சக்தி உண்டாகின்றது, எனவும், பெரும் மின்சார வுற்பத்தி நிலையங்களில் நிலக்கரியை எரிப்பதனாலாவது, நீரமுக்கச் சக்தியினாலாவது, மின்சார சக்தி ஏற்படுகின்றது, எனவும், ஒருவாறு, கூறலாம்.

மின்சாரக்கொட்டலி (பாட்டரி) ஒன்றை அமைப்பதற்கென, அவசியமான பொருள்கள், இரண்டு உலோகங்கள் (அவற்றில் ஒன்றிற்குப் பதிலாய் கார்பனை உபயோகித்துக்கொள்ளலாம்), அவ்வுலோகங்களில் ஒன்றுடன் (கார்பனை ஒரு உலோகத்திற்குப் பதிலாய் உபயோகப்படுத்தினால், உலோகமானதுடன்,) சேர்ந்து ரஸாயன மாற்றமாகக் கூடிய கரையமொன்றும் என்பனவேயாம். உலோகங்களை ஒன்றிலிருந்தொன்று சற்று தூரத்திலுள்ளவாறு கரையத்தில்



படம். 103

லக்லாஞ்சி கூடு. (Leclanche Cell)

1. கண்ணாடிக்கலம்
2. துத்தநாகக் குச்சி.
3. பீங்கான் குவளை.
4. மாங்கனீஸ்டை ஆக்ஸைட்பொடி
5. கார்பன் குச்சி.
6. நவச்சாரக்கரையம்.

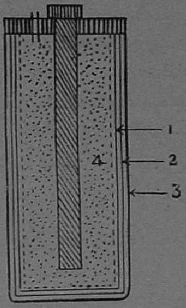
வைத்துவிட்டு, அவற்றிடைக்கம்பியொன்றைப் பொருத்தினால், அக்கம்பியின் வழியே மின்னோட்டம் ஏற்படும். உலோகங்கள் எவையென்பதையும் கரையம் எதுவென்பதையும் பொருத்து, வெவ்வேறு வகையினவான மின் கொட்டலிகள் [பாட்டரிகள்] அமைக்கப்படலாம். அவற்றில் ஒரு வகை அதிகமாய்ப் புழங்கப் பட்டு வருவது. அவ்வகை 'லெக் லாஞ்சிகூடு' **(Leclanche cell)** எனப் படுவது. பாக்கட் மின் விளக்குகளிலும், இன்னும் பல வற்றிலும், லெக்லாஞ்சி

பாட்டரியின் பல தினுசுகளே உபயோகிக்கப் படுகின்றன. லெக்லாஞ்சி பாட்டரியின் உலோகப்பொருள், துத்தநாகம்; உலோகபதில் பொருள், கார்பன்; கரையம் நவச்சாரம் என்ற அம்மோனியம் ஸல்பேட் நீரில் கரைக்கப்பட்டதா லானது. அந்த பாட்டரியில் மாங்கனீஸ்டை ஆக்ஸைடு என்ற மற்ருெரு பொருளும் உள்ளது. அதன் உபயோகம் என்னவென, கீழே கூறப்படுவ தினின்று தெரிந்துகொள்ளலாம், கண்ணுடிக்கலமொன்றில், நவச்சாரக்கரையம் ஊற்றப்படும். அக்கலத்தின் ஓரத்தில், கரையத்தினுள் அமிழ்ந்து சற்று வெளியே நீட்டிக்கொண்டுள்ளவாறு, துத்தநாகக் குச்சியொன்று நிறுத்தப் படும்.

லெக்லாஞ்சி பாட்டரி

கலத்தின் மத்தியில், அடி அடைக்கப்பட்டக் குழாய் ஒன்று நிறுத்தப் படும். அது மண்ணினுலாவது, பீங்கானிலாவது செய்யப்பட்டிருக்கும். அதன் சின்னஞ்சிறு இடுக்குகளின் வழியே திரவங்களும் வாயுக்களும் விரவ இயலும். அக்குழாய்க்கு, ‘ இடுக்குக்குவளே ’ (போரஸ் பாட் — **Porous Pot**) என்று பெயர். அதில் மாங்கனீஸ்டைக் ஆக்ஸைட் தூள் திணிக்கப்பட்டிருக்கும். மாங்கனீஸ்டை ஆக்ஸைட் தூளின் நடுவில் கார்பன் குச்சியொன்று சொருகப் பட்டிருக்கும். துத்தநாக அணுக்கள் ஒவ்வொன்றிலும், முறையே, இரண்டிரண்டு எலக்ட்ரான்கள் கழன்றவாறுள்ளவை. நவச்சாரக் கரையத்தில், அம்மோனியம் அயான்களும் குளோரைடு அயான்களும், முறையே, தனிப்பட்டவாறுள்ளன. துத்தநாகக் குச்சியின் மேல் நுனியையும் கார்பன் குச்சியின் மேல் நுனியையும், சற்று நீளமான கம்பியொன்ருல் இணைத்தால், அக்கம்பியின் வழியே மின்னேட்டம் எற்படும். அதில் மின்னேட்டம் ஏற்படுவதற்கான காரணம் என்ன என்பதைக் கவனிப்போம். துத்தநாக அணுக்கள் ஒவ்வொன்றினின்றும், அதனதன் கழன்ற எலக்டரான்கள், விடுபடுகின்றன. அதனுல், துத்தநாக அணுக்கள் இடமின் அயான்களாய் (பாஸிடிவ் அயான்களாய்) ஆகி கரையத்துடன் கலக்கின்றன. சாதாரணமானபோது, அப்படி நடைபெருது. விடுபட்ட எலக்ட்ரான்கள் மறு மின்னேற்பு (நெகடிவாய் சார்ஜ்) ஆகி, மறு மின்சாரம் சேமிக்கப்படும். அதன் வலிமை இடமின்னேற்பான அயான்களே ஈர்த்துக்கொள்கின்றது. அவை மீண்டும் மின்சாரமற்ற ‘ நண்ணல் ’ (நியூட்ரல்) அணுக்களாய் ஆகின்றன. ஆனுல், மின் கொட்டலியில், துத்தநாக அணுக்களின்று விடுப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள், ஆங்கே, நிற்பதில்லே. கம்பியின் வழியே வெளியே பாய்ந்து விடுகின்றன. கம்பியின் வழியே வந்த அவ்வெலக்ட்ரான்கள் கார்பன் குச்சியினுள் புகுகின்றன. கார்பன் குச்சி இடுக்குக்குவளேயில் (போரஸ் பாட்டில்) உள்ளது. அக்குழாய்க்குள் நவச்சாரக் கரையம் விரவியிருக்கும். அதிலுள்ள மாங்கனீஸ்டை ஆக்ஸைட் தூள் நவச்சாரக் கரையம் ஊறினதாயிருக்கும். கார்பன் குச்சியின் மேற்பரப்பு முழுதும் நவச்சாரக் கரையத்தில் தோய்ந்ததாயுள்ளது. அக்கரையத்திலுள்ள இடமின்னேற்பான (பாஸிடிவான) அம்மோனியம் அயான்களால் கம்பியின் வழியே வந்த எலக்ட்

ரான்கள் கவர்ச்சியுறுகின்றன. அவ்வெலக்ட்ரான்களும் அம்மோனியம் அயான் களும் சேர்தலால், அவை நண்ணல் [நியூட்ரலைஸ்] ஆகின்றன. அம்மோனியா மூலத்துகள்களும் ஹைட்ரஜன் மூலத்துகள்களும் பயத்தப்படுகின்றன. [ஏனென்ருல், மின்னேற்பற்ற அம்மோனியம் ராடிகிளொன்று தனிப்பட்ட வாறிருக்க இயலாது] அம்மோனியா நீரில் கரைந்து விடும். ஹைட்ரஜன் வாயு கார்பன் குச்சியின் மீது படிந்து படர்கின்றது. அதனுல், அடுத்துவரும் எலக்ட்ரான்கள் அம்மோனியம் அயான்களுடன் சேராதவாறு தடுக்கப்படுகின்றன. மின்னேட்டம் நின்றுவிடும். அத்தடையை நீக்கவே, மாங்கனீஸ்டை ஆக்ஸைட் பயன்படுகின்றனது. அதிலுள்ள ஆக்ஸிஜனுடன் கார்பன் மீது படிந்த ஹைட்



படம். 104

பாக்கெட்டு விளக்கு பாட்டரி.

1. மாங்கனீஸ்டை ஆக்ஸைட்.
2. நவச்சாரக்களி
3. துத்தநாகக் கூடு.
4. கார்பன் குச்சி.

ரஜன் ஐக்கியமாகி, நீர் பயத்தப்படுகின்றது. ஹைட்ரஜனினுல் போடப்பட்ட தடை நீக்கப்படுகின்றது. எலக்ட்ரான்கள் தடையின்றி அம்மோனியம் அயான் களுடன் கூடுகின்றன. மின்னேட்டம் ஏற்படுகின்றது. ஆயினும் மின்னேட்ட வேகத்தை நிகர்த்த விரைவுடன் ஹைட்ரஜனும் ஆக்ஸிஜனும் ஐக்கியமாவ தில்லை. எனவே, மின்சார ஓட்டம், சற்று நின்று நின்றவாறே உள்ளது. நவச்சாரத்தின் மறு மின்னேற்பான குளோரைட் அயான்களும் துத்தநாகத்தின் இடமின்னேற்பான அயான்களும் ஐக்கியமாகி, நண்ணலுற்று, துத்தநாக குளோ ரைட் என்ற உப்பாய் ஆகின்றன. லெக்லாஞ்சி பாட்டரியில் நடைபெறும் நிரல் களை, ரஸாயனக்குறியீடு முறையையொட்டிப் பின்வருமாறு காட்டலாம்.

(1) துத் → துத்$^+$ + எலக்ட்ரான்கள் ; வெநீ$_4$பசு → வெநீ$_4$$^+$ + பசு$^-$
(zn) → zn$^+$ + (Electrons) (NH$_4$cl → NH$_4$$^+$ + cl$^-$)

(2) 2வெநீ$_4$$^+$ + எலக்ட்ரான்கள் → 2வெநீ$_3$ + நீ$_2$; நீ$_2$ + 2மங்உ$_2$ → மங்$_2$உ$_3$ + நீ$_2$உ
(2 NH$_4$$^+$ → 2 NH$_3$ + H$_2$) (H$_2$ + 2 MnO$_2$ → Mn$_2$O$_3$ + H$_2$)

(3) வெநீ$_3$ + நீ$_2$O → வெநீ$_4$உநீ ; துத்$^+$ + 2பசு$^-$ → துத்பசு$_2$
(NH$_3$ + H$_2$O → NH$_4$OH) (zn$^+$ + cl$_2$$^-$ → zncl$_2$)

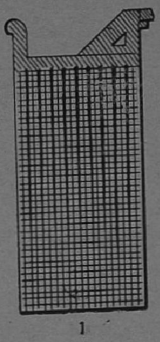
லெக்லாஞ்சி பாட்டரியில் பயத்தப்படும் மின்னோட்டத்தை, மின்சார மணியடிப்பதற்கும், தந்தி அடிக்கவும், சிறு மின் விளக்கு எரிப்பதற்கும், பயன் படுத்திக் கொள்ளலாம். சாதாரணமாக, பாக்கட் மின் விளக்குகளிலுள்ள பாட்டரிகள் லெக்லாஞ்சிக்கூடு வகையினவே. அவற்றில் நவச்சாரம் கரையமாய் இருப்பதில்லை. கொஞ்சம் நீருடன் கலந்து பிசையப்பட்டகளி போன்றிருக்கும். வெளிக் கண்ணாடிக்கலமும், உள் இடுக்குக் குவளையும் இல்லை. வெளிக்கலமே துத்தநாகத்தால் செய்யப்பட்டிருக்கும், ஆதலின் துத்தநாகக் குச்சியொன்று இருக்காது. மாங்கனீஸ் டைஆக்ஸைடும் நவச்சாரக் களியுடன் சேர்க்கப் பட்டிருக்கும். இக்களி கூட்டினுள் திணிக்கப்பட்டிருக்கும். லெக்லாஞ்சி பாட்டரியின் மின்னிரட்டு வலிமை [எலக்டரோ மோடிவ் போர்ஸ்], கிட்டதட்ட, ஒன்றரை வோல்டுகள்.

லெக்லாஞ்சி ஸெல்களைப்போன்று, மின்சாரவுற்பத்தி செய்கின்றவகையின வான ஸெல்கள் பல உண்டு. அவை எல்லாம் மின் மூலக்கூடுகள் [பிரைமரி ஸெல்கள் — Primary cells)] எனப்படுகின்றன. மற்றொரு வகையினவான மின் கொட்டலிகளும் (பாட்டரிகளும்) உபயோகத்திலுள்ளன. அவற்றில் மின் சாரம் உற்பத்தி செய்யப்படுவதில்லை; மின்சாரம் சேமித்து வைக்கப்படும்.

மின் சேமிப்புக் கோட்டலிகள்

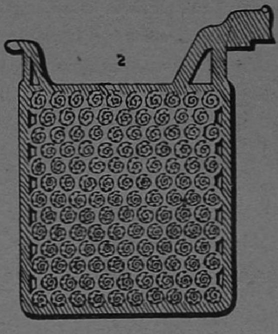
ஆயினும், அவை மின்னடக்கிகளினின்று வேற்றுமையானவை. மின்னடக்கியில் சேமித்து வைக்கப் பட்ட மின்சாரம், சடீரென உகுக்கப்படுகின்றது. (டிஸ்சார்ஜாகின்றது). நாம் இப்பொழுது கூறப் போகும் வகையினவான மின் கொட்டலிகளின்று, மின்னோட்டம் ஏற்படுமாறு மின்சாரம் எடுக்கப்படும். அவை 'மின் சேமிப்புக் கொட்டலிகள்' (ஸ்டோரேஜ் பாட்டரிகள் - **Storage Batteries**) எனப்படுகின்றன. அவற்றிற்கு, மின்னீட்டக் கொள்விகள் [அக்யூமிலேடர்கள் — **Accumulators**] என்றும் பெயர். அவை 'அடைவு' [ஸெகண்டரி—**Secondary**] பாட்டரிகள். அவ் வகையானதொன்றில் மின்சார வோட்டம் செலுத்தப்பட்டால், அதிலுள்ள பொருள்களில் ரஸாயன மாற்றம் ஏற்படும். இவ்வாறு மின்சாரச்சக்தி ரஸாயனச் சக்தியாய் மாறுகின்றது. பிறகு, பாட்டரியிலிருந்து மின்சாரம் பாயும்போது, மற்றொருவித ரஸாயன மாற்றம் உண்டாகும்; ரஸாயனச்சக்தி மின்சார சக்தி யாய் மாறுகின்றது. அவற்றில் மின்சாரம் செலுத்துவதற்கு மின்னேற்பாக்கல் (சார்ஜிங்கு—**Charging**) என்றும், அவற்றினின்று மின்னோட்டம் ஏற்படுமாறு

செய்வதற்கு, ' மின் உகுப்பாக்கல் ' (டிஸ்சார்ஜிங்கு) என்றும் பெயர். மின் சேமிப்புக்கொட்டலிகளில் (ஸ்டோரேஜ் பாட்டரிகளில்) பல தினுசுகள் உண்டு. அதிகமாய்ப் புழங்கப்படுபவை, ஈய மின்திரள் கொள்விகள் (லெட் அக்யூமிலேடர்கள் — **Lead Accumulators**) எனப்படுவையே. ரேடியோ ஸெட்டுகளிலும், மோட்டார் கார்களிலும், இத்தினுசானவையே அநேகமாய் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. இத்தினுசான பாட்டரியொன்றின் மின்னிரட்டு வலிமை (எலக்ட்ரோ மோடிவ் போர்ஸ்), இரண்டு வோல்டுகளாய் இருக்கும். ஈய அக்யூமிலேடர் ஒன்றில் இருவிதமான ஈயத்தட்டுகள், முறையே, உள்ளன. ஒரு விதமானவை எல்லாம் குறுக்கு ஈயச் சட்டமொன்றாலும், மற்றொரு விதமானவை எல்லாம் மற்றொரு குறுக்குச்சட்டத்தாலும், முறையே, சேர்க்கப்பட்டவை. முதல் தட்டு, முதல் விதம் — இரண்டாவது, இரண்டாம் விதம்-மூன்றாவது, முதல் விதம் — நான்காவது இரண்டாம் விதம் - என்ற முறையையொட்டி,



1

படம். 105



2

படம் 106.

மின்திரள்கோள்வி தட்டுகள். (**Accumulator Plates**)

1. மறுமின்னேற்புத் தட்டு. (**Negative Plate**)

2. இடமின்னேற்புத் தட்டு. (**Positive Plate**)

விதங்கள் மாறி மாறி வரும் வரிசையில் அவை அமைந்துள்ளன. அத்தட்டுகள் எல்லாம் கண்ணாடிக்கலமொன்றில், மேற்கூறப்பட்டவாறு, பொருத்தப்பட்டுள்ளன. முதல் விதமான ஈயத்தட்டு ஒன்றில் குறுக்கும் நெடுக்குமான கிராதிச் சட்டங்கள் (இவை ஈயத்தினாலானவை) இருக்கின்றன. கிராதிகளின் இடையில், பஞ்சுபோல் விரசலான ஈயமுத்தைத் திணிக்கப்பட்டிருக்கும் இவ்விதத்தட்டுகள், மறு மின்னேற்பிருக்கைத் (நெகடிவ்) தட்டுகள். இரண்டாம் விதமான தட்டு ஒன்று சல்லடைக்கண்களைப்போல் நெருக்கமானவாறு துளையிடப்பட்டது.

அத்துளைகளில் சிறு சிறு மடிப்புக்களுடன் கூடிய ஈயப்பட்டைகள் திணிக்கப் பட்டுள்ளன. அதனால் மேற்பரப்பினளவு அதிகமாகும். இவ்விதத்தட்டுகள், இடமின்னேற்பிருக்கைத் (பாஸிடிவ்) தட்டுகள். கண்ணாடிக்கலத்தில் ஸல்ப் யூரிக் ஆஸிட் கரையம் ஊற்றப்படும். தட்டுகள் எல்லாம் பெரும் பகுதிகளில் கரையத்தில் மூழ்கியுள்ளவை. மின் கொட்டலி (பாட்டரி) யொன்று மின்னேற் பான நிலைமையிலுள்ளபோது அதன் இடமின்னேற்பிருக்கைத் (பாஸிடிவ்) தட்டுகள்மீது, சற்றுக்காவி நிறமான ஈயபர்ஆக்ஸைடு (**Lead peroxide**) என்ற பொருள் படர்ந்திருக்கும். மறு மின்னேற்பிருக்கைத் (நெகடிவ்) தட்டு கள், ஈயமாகவேயிருக்கின்றன. கரையத்தில் மறு மின்னேற்பான (நெகடிவான) ஸல்பேட் அயான்களும், இடமின்னேற்பான (பாஸிடிவான) ஹைட்ராக் ஸோனியம் அயான்களும் உள்ளன. மறுமின் (நெகடிவ்) தட்டுகளின் குறுக்குச் சட்டம், ஒரு நீண்ட கம்பியின் வழியே இடமின் (பாஸிடிவ்) தட்டுகளின் குறுக்குச் சட்டத்துடன் இணைக்கப்பட்டால், ஈய அணுக்கள் ஒவ்வொன்றி னின்றும் இரண்டிரண்டு எலக்ட்ரான்கள் விடுபட்டு கம்பியின் வழியே பாய் கின்றன. எலக்ட்ரான்கள் குறைந்தமையின் இடமின்னேற்பான (பாஸிடிவான) ஈய அயான்கள், கரையத்திலுள்ள மறுமின் (நெகடிவ்) ஸல்பேட் அயான் களுடன் ஐக்கியமாகி, ஈய ஸல்பேட்டாய் ஆகின்றன. வெண்ணிறமான ஈய ஸல்பேட் மறுமின் (நெகடிவ்) தட்டின்மீது படிகின்றது. மின்சாரம் உகுக்கப் படும்போது (டிஸ்சார்ஜாகும்போது) ஸல்பேட் அயான்கள் ஈய அயான்களுடன் ஐக்கியமாய் விடுகின்றமையின், கரையத்திலுள்ள ஸல்பேட் அயான்களின் தொகை குறைந்துபோகும். ஆதலின் ஸல்ப்யூரிக் ஆஸிட் கரையத்தின் செறிவு குறைகின்றது. கம்பியின் வழியே சென்ற எலக்ட்ரான்களால், இடமின் (பாஸிடிவ்) தட்டின் அருகிலுள்ள ஹைட்ராக் ஸோனியம் அயான்கள் கவர்ச்சி யுற்று, தட்டின்மீது படிகின்றன. அவ்வாறு படிந்த ஹைட்ராக்ஸோனியம் அயான்களும் எலக்ட்ரான்களும் ஐக்கியமாகி, நீரும் ஹைட்ரஜனுமாய் மாறு கின்றன. இந்த ஹைட்ரஜனும் தட்டின்மீது படர்ந்துள்ள ஈய பர் ஆக்ஸைடும் ஐக்கியமாகி, நீரும் ஈயமுமாய் ஆகின்றன. ஈய பர் ஆக்ஸைட் எல்லாம் ஈய மாகும் வரை, மின்கொட்டலியினின்று (பாட்டரியினின்று) மின்னோட்டம் இருக்கும். அதாவது, மின்கொட்டலி (பாட்டரி) உகுக்கப்படலாம். (டிஸ்சார் ஜாகலாம்.) ஆகவே மின்சார உகுத்தலான (டிஸ்சார்ஜான) மின்கொட்டலியின் (பாட்டரியின்) இடமின் (பாஸிடிவ்) தட்டுகள் ஈயம் படிந்தவை; மறுமின் (நெகடிவ்) தட்டுகள் ஈய ஸல்பேட் படர்ந்தவை. மின்னீட்டக்கொள்வி (அக்யூ மிலேடர்) ஒன்றை மின்னேற்பினதாக்க (சார்ஜ்செய்ய) வேண்டுமாயின் அதை மின்னுற்பத்தி மூலமொன்றுடன் கம்பி வழியே இணைக்கவேண்டும். மின் மூலத்தினின்று வரும் எலக்ட்ரான்கள் மறுமின் (நெகடிவ்) தட்டின்மீது படர்ந் துள்ள ஈய ஸல்பேட்டை, ஈயம், ஸல்பேட், என்றுனவாறு பதப்பிரிவினை டீ கம்போஸ்) செய்து விடுகின்றன. (எலக்ட்ரான்களைப்பெற்றதால் ஸல்பேட்)

ராடிகிள் ஸல்பேட் அயானுகிப் பிரிந்து விடுகின்றது.) ஈயம், மறுமின் (நெகடிவ்) தட்டின்மீது படிந்து விடுகின்றது. ஸல்பேட் அயான்கள் கரையத்தினுள் செல்கின்றன. அவை மறுமின்னேற்புள்ளவை (நெகடிவானவை)யானமையின், இடமின் (பாஸிடிவ்) தட்டால் கவர்ச்சியுறுகின்றன. ஆங்கடைந்து, தம் எலக்ட்ரான்களை விடுவிக்கின்றன. அவை மின்னுற்பத்தி மூலத்திற்கு மீண்டும் சென்று, மறுமின் (நெகடிவ்) தட்டுக்குச் செலுத்தப் படுகின்றன. ஸல்பேட் அயான்கள் மின்னேற்பை இழந்துவிடின், கந்தகம், ஆக்ஸிஜன் என்ற அடிப்பண்டங்களாய்ச் சிதிலமாய்விடுவன (டீகம்போஸாய் விடுவன்) என முன்பு கூறியுள்ளோம். அவ்வாருகாமலிருப்பதற்கென, அவை, தமக்குத் தேவையான எலக்ட்ரான்களை (ஒவ்வொரு ஸல்பேட் அயானுக்கும் இரண்டிரண்டு எலக்ட்ரான்கள் தேவை) நீரின் மூலத் துகள்களிலிருந்து பறித்துக்கொள்கின்றன. அவ்வாறு அவை பிடுங்கிக்கொள்ளும்பொது, நீர் மூலத்துகள் ஒவ்வொன்றினின்றும், ஆக்ஸிஜன் அணுக்கள் ஒவ்வொன்றும், இரண்டிரண்டு எலக்ட்ரான்களை யிழந்த ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் இரண்டிரண்டும் பயத்தப்படுகின்றன. ஆக்ஸிஜன் அணுக்கள் தட்டிலுள்ள ஈயத்துடன் ஐக்கியமாகிவிடுகின்றன; ஈய பர்ஆக்ஸைட் உண்டாக்கப்படுகின்றது. எலக்ட்ரான்களைப் பறிகொடுத்த ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் ஒவ்வொன்றும், ஒவ்வொரு நீர்மூலத்துகளுடன், முறையே ஐக்கியமாகின்றன. ஹைட்ராக்ஸோனியம் அயான்கள் தோன்றுகின்றன. ஆகவே, மின்னீட்டக்கொள்வி (அக்யூமிலேடர்) மின்னேற்பாகும்போது (சார்ஜாகும்போது), ஹைட்ராக்ஸோனியம் அயான்களின் தொகையும், ஸல்பேட் அயான்களின் தொகையும் அதிகமாகின்றன. எனவே, கரையத்தின் செறிவு அதிசவளவாய் ஆகின்றது. ஸல்பேட் அயான்களின் தொகை அதிகமாவதால், கரையத்தின் மறுமின்னேற்பு (நெகடிவ்சார்ஜ்) அதிகமாகின்றது; மின்கொள்வியில் (அக்யூமிலேடரில்) எலக்ட்ரான்களின் தொகை அதிகமாகின்றது. அதாவது, அதில் மின்சாரம் திரட்டப்படுகின்றது. மின்னீட்டக்கொள்வியில் நடைபெறும் ரஸாயன மாற்றங்களை, குறியீடுகளால் பின்வருமாறு காட்டலாம்.

(1) மின்னுகுத்தல் (டிஸ்சார்ஜ்) ஆகும்போது:—

$$2\text{நீ}_2\text{உ} + \text{நீ}_2\text{கந்உ}_4 \rightarrow 2(\text{நீ}_3\text{உ})^+ + (\text{கந்உ}_4{}^-)$$

$$(2H_2O + H_2SO_4) \rightarrow 2\ (H_3O)^+ + (SO_4)^-$$

மறு மின்தட்டு (நெகடிவ் பிளேட்)

$\text{ஈ} \rightarrow \text{ஈ}^+ + \text{எலக்ட்ரான்கள்}$

$(Pb) \rightarrow Pb^+ + \text{Electrons})$

$\text{ஈ}^+ + (\text{கந்உ}_4) \rightarrow \text{ஈகந்உ}_4$

$(Pb^+ + (SO_4)^- \rightarrow PbSO_4)$

இடமின்தட்டு (பாஸிடிவ் பிளேட்)

$\text{எலக்ட்ரான்கள்} + {}^2(\text{நீ}_3\text{உ})^+ \rightarrow 2\text{நீ}_2\text{உ} + \text{நீ}_2$

$(\text{Electrons} + 2\ H_3O)^+ \rightarrow 2H_2O + H_2)$

$4\text{நீ}_2 + \text{ஈஉ}_2 \rightarrow \text{ஈ} + 4\text{நீ}_2O$

$4H_2 + PbO_2 \rightarrow Pb + 4H_2O)$

(2) மின்னேற்பாகும்போது (சார்ஜாகும்போது)—

மறு மின்தட்டு (நெகடிவ் பிளேட்)

ஈகந்உ$_4$ + எலக்ட்ரான்கள் → ஈ$^+$ + (கந்உ$_4$)$^-$

$PbSO_4$ + Electrons → $Pb^+ + (SO_4)^-$)

இடமின்தட்டு (பாஸிடிவ் பிளேட்)

(கந்உ$_4$)$^-$ + 2நீ$_2$உ → (கந்உ$_4$)$^-$ + உ$_2$ + 4(நீ)$^+$ + எலக்ட்ரான்கள்

$SO_4^- + 2H_2O \rightarrow SO_4^- + O_2 + 4(H)^+$ + Electrons)

உ$_2$ + ஈ → ஈஉ$_2$

($O_2 + Pb \rightarrow PbO_2$)

(நீ)$^+$ + நீ$_2$உ → (நீ$_3$உ)$^+$

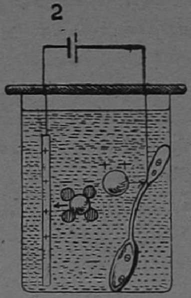
($H^+ + H_2O \rightarrow H_3O$)

ரஸாயன மாற்றங்களும் மின்னோட்டமும் எவ்வாறான தொடர்புடனுள்ளவை என்பதை முறையாய்க் கவனிக்கலாம். தரள மூலத்துகள்கள், முறையே, இடமின்னேற்பான (பாஸிடிவான) அயான்களால் பகுதியிலும் மறு மின்னேற்பான (நெகடிவான) அயான்களால் மற்ற பகுதியிலும் ஆனவை.

மின்சாரத் தெற்றல் (எலக்ட்ராலிஸிஸ்)

சாதாரணமானபோது, அப்பகுதிகள் மின்கவர்ச்சியால் ஈர்க்கப்பட்டுப் பொருந்தியுள்ளவை. பொடாஸியம் குளோரைடு என்ற பொருளில், பொடாஸியம் என்ற இடமின்னேற்பான (பாஸிடிவான) அயானும் குளோரைடு என்ற மறு மின்னேற்பான (நெகடிவான) அயானும் உள்ளன. பொடாஸியம் குளோரைடை நன்றாய்க் காய்ச்சியுருக்கி திரவமாக்கலாம். அவ்வுருக்குத் திரவத்தினூடே மின்சாரத்தைச் செலுத்தினால், அது பொடாஸியம், குளோரின் என்ற தனிப்பொருள்களாய்ச் சிதிலம் (டீகம்போஸ்) ஆகின்றது. இவ்வாறு, மின்சார ஓட்டத்தால் பயத்தப்படும் ரஸாயன மாற்றம் மின்சாரத் தெற்றல் (எலக்ட்ராலிஸிஸ்-**Electrolysis**) எனப்படுகிறது. ஸோடியம் குளோரைடு,-காஸ்டிக் ஸோடா,-செப்புசல்பேட்-என்றவையும் இன்னும் பலவும் மேற்கூறப்பட்டவாறு மின்சாரத் தெற்றல் (எலக்ட்ராலிஸிஸ்) செய்யப்படலாம். ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் செப்புத்தகடு ஒன்றையும் பித்தளைத் தகடு ஒன்றையும் ஒன்றினின்றொன்று சற்று எட்டமாயிருக்கும்படி நிற்பு வாட்டத்தில் வைப்போம். பாத்திரத்தில் செப்புஸல்பேட் கரையத்தையூற்றி நிரப்புவோம். அக்கரையத்தில் செப்பு அயான்களும் ஸல்பேட் அயான்களும் மிகுதியாய் இருப்பன. செப்பு அயான்கள் இரு எலக்ட்ரான்களை, முறையே, இழந்துவிட்ட செம்பு அணுக்கள். எனவே அவ்வயான்கள் இடமின்னேற்பானவை. ஸல்பேட் அயான்கள் ஒவ்வொன்றும், முறையே ஸல்பேட் ராடிகள் ஒன்றுடன் இரு எலக்ட்ரான்கள் சேர்ந்தானவை. அவை மறுமின்னேற்பானவை.

மின்னேற்பான (சார்ஜான) மின்னீட்டக் கொள்வி (அக்யூமிலேடர்) ஒன்றின் மறுமின் முனையுடன் (நெகடிவ் போலுடன்) பித்தளைத்தகட்டையும் இடமின் முனையுடன் (பாஸிடிவ் போலுடன்) செப்புத்தகட்டையும், முறையே, கம்பிகள் வழியே இணைப்போம். கால்மணி நேரம் மின்னோட்டம் செல்லுமாறு விட்டு வைப்போம். பிறகு, தகடுகளை மின்கொள்வியுடன் (அக்யூமிலேடருடன்) இணைக்கும் கம்பிகளை எடுத்து விடுவதால், மின்னோட்டம் செல்வதை நிறுத்து வோம். பித்தளைத்தகட்டை வெளியே எடுத்துப் பார்த்தால் அதன் வெளிப் பரப்பு முழுவதும் செப்புத்தூள் நெருக்கமாய்ப் படிந்து, அது இளஞ்சிவப்பு நிறத்



படம் 107

மின் முலாம் பூசுதல் — (Electro-Plating)

துடனிருப்பதைக் காணலாம். மின்கொள்வியிலிருந்து (அக்யூமிலேடரிலிருந்து) வருகின்ற எலக்ட்ரான்கள் பித்தளைத்தகட்டின் மீது படிவதால், அது மறு மின் னேற்பினதாகின்றது. அதனால் கரையத்திலுள்ள இடமின்னேற்பான செப்பு அயான்கள் கவர்ச்சியுற்று பித்தளைத்தகட்டை அடைகின்றன. அதிலுள்ள எலக்ட்ரான்களில் இரண்டிரண்டு ஒவ்வொரு செப்பு அயானுடன் சேர்ந்துவிடு கின்றன. செப்பு அயான்கள் செம்பு அணுக்களாகி பித்தளைத்தகட்டின் மீது படிந்து, அதனுடன் கெட்டியாய் ஒட்டிக் கொள்கின்றன. ஸல்பேட் அயான்கள் பித்தளைத்தகட்டைச் சூழ்ந்துள்ள எலக்ட்ரான்களால் விரட்டப்பட்டு, செப்புத் தகட்டால் கவர்ச்சியுற்று, அதை அடைகின்றன. ஆங்கு அவற்றின் எற்பான எலக்ட்ரான்கள் தனிப்பட்டு, மீண்டும், மின்கொள்விக்கு (அக்யூமிலேடருக்கு)ச் சென்றுவிடுகின்றன. ஸல்பேட் அயான்கள் மின்னேற்பற்றிருத்தல் இயலாது. ஆதலின் ஒவ்வொரு ஸல்பேட் அயானும் முறையே இரண்டிரண்டு எலக்ட்ரான் களை செப்புத்தகட்டினின்று எடுத்துக்கொள்கின்றன. தகட்டிலுள்ள செம்பு அணுக்கள் சில செப்பு அயான்களாய் ஆகின்றன. இவை கரையத்திலுள்

சென்று, பித்தளைத் தகட்டையடைந்தவற்றை ஈடுகட்டிவிடுகின்றன. ஆகவே மின்கொள்வியினின்று (அக்யூமிலேடாரிலிருந்து)வரும் ஒவ்வொரு ஜோடி எலக்ட்ரான்களும், முறையே பித்தளைத்தகட்டின் மீது ஒரு செம்பு அணுபடியவும், செப்பத்தகட்டினின்று ஒரு அணு நீங்கவும், செய்துவிட்டு, மின்கொள்விக்கு (அக்யூமிலேடருக்கு) மீண்டும் செல்கின்றன. கரையத்தின் செறிவு மாறுதுள்ளது. அதிலிருந்து பித்தளைத்தகட்டின் மீது படிவதால் நீக்கப்படும் அயான்களின் தொகையும், செப்புத்தகட்டினின்று அதற்கு வந்து சேரும் அயான்களின் தொகையும் நிகரானவை. இதுவரை கூறப்பட்டவாறு, மின்சாரத்தைக் கொண்டு, ஒரு உலோகத்தின் மீது மற்றொரு உலோகத்தாலான மெல்லிய படலமொன்று அமைக்கப்படுமாறு செய்வதற்கு மின்முலாம் பூசுதல் (எலக்ட்ரோ பிளேடிங்கு-**Electro-plating**) என்று பெயர். தங்கம், வெள்ளி—முதலானவற்றால் மின்முலாம் பூசப்படுவதற்கு (எலக்ட்ரோ பிளேட் செய்யப்படுவதற்கு) முன், வஸ்துவொன்று, செப்பேடேற்றப்படும். இன்னும் மின்தெற்றல் (எலக்ட்ராலிஸிஸ்) முறையையொட்டி, கலப்பான செம்புசுத்தி செய்யப்படுகின்றது. சுரங்கங்களில் வெட்டியெடுக்கப்படும் உலோகக்கட்டிகளைக் காய்ச்சியுருக்கித் தனிப்படுத்தப்படும் செம்பில் பல கலப்பு உலோகங்களும் இருப்பன. அவ்வாறான செப்புக்கட்டி யொன்றை, மின்னுற்பத்தி மூலமொன்றின் இடமின்முனையுடன் (பாஸிடிவ் போலுடன்) கம்பியால் இணைக்கவேண்டும். அக்கட்டியை செப்புஸல்பேட் கரையத்திலிருக்குமாறு தொங்கவிட்டு, அதனின்று சற்று தூரத்தில் சுத்தமான செப்புத் தகடொன்றைத் தொங்கவிடவேண்டும்; செப்புத் தகடை மின்னுற்பத்தி மூலத்தின் மறுமின் முனையுடன் (நெகடிவ் போலுடன் கம்பியால் இணைக்கவேண்டும். மின்னோட்டம் செல்லும்போது கலப்புலோகக் கட்டியிலிருந்து உலோகங்கள் பலவும் பிரிகின்றன. செம்பு மற்ற உலோகங்களைவிட அதிக எளிதாய் மின்தெற்றல் (எலக்டரலைஸ்) ஆகக்கூடியது. ஆதலின் அதன் தூள் சுத்தமான செப்புத் தகட்டின்மீது படிகின்றது. அப்படிப் படிகின்ற செம்பு சுத்தமானது. மற்ற உலோகங்கள் கரையத்தினுள் இறங்கிவிடுவன. அவற்றிலுள்ள பொன்-வெள்ளி முதலான விலையுயர்ந்த உலோகங்கள் மற்ற வகைகளில் பிரித்தெடுக்கப்படுகின்றன. செப்பு முலாம் பூசும் (பிளேட் செய்யும்) முறையை யொட்டியே நிக்கல் முலாமும் பூசப்படும் (பிளேட்) செய்யப்படும்). இடமின் முனைத்தகடு (பாஸிடிவ் பிளேட்) நிக்கலாயிருக்கும், நிக்கல் ஸல்பேட் கரையம் உபயோகிக்கப்படும். மறுமின் முனையில் (நெகடிவ் போலில்) முலாம் பூசப்படவேண்டிய (பிளேட் செய்யப்படவேண்டிய) வஸ்து இருக்கும். தற்காலத்தில் குரோமிய முலாம் பூசுதல் (பிளேடிங்கு) அதிகமாகி வருகின்றது. தங்க முலாம் பூசுதலும் வெள்ளி முலாம் பூசுதலும் மேற்கூறப்பட்டவாறே செய்யப்படுகின்றன. தக்க வகையான கரையமும், இடமின் முனைத் தகடும் உபயோகிக்கப்படவேண்டும். எவ்வகை முலாம் பூசப்பட்டாலும் (பிளேடிங்கு செய்யப்பட்டாலும்), உலோகப்படலம் விரைவில் தேய்வுறுதிருக்

கும் பொருட்டு மூன்று முக்கியமான விதிகள் அனுசரிக்கப்படவேண்டும். மின்னுகைப் புத்தரம் (பொடன்ஷியல்) சில வோல்டுகள் அளவைவிட அதிகமாய் இருக்கக்கூடாது, என்பது முதல்விதி. இரண்டாவதாக, மின்னோட்டவளவு சில ஆம்பியர்களுக்குள் இருக்குமாறு கவனித்துக்கொள்ள வேண்டும். அவ்வாறுன மின்னோட்டவளவு, முலாம் பூசப்படும் (பிளேட் செய்யப்படும்) வஸ்துவின் மேற் பரப்பினளவைப் பொருத்தது. முலாம் பூசப்படுவதற்கான (பிளேட் செய்யப்படுவதற்கான) வஸ்துக்கள் நன்ருய்த் தேய்க்கப்பட்டு, அழுக்கு எண்ணெய்ப் பசை முதலானவையில்லாமல் சுத்தமாயிருக்கவேண்டும் என்பது மூன்ரும்விதி. கொஞ்சம் எண்ணெய்ப்பசையிருந்தால் கூட மின்பூச்சுப்படலம் உரிந்து போகும்.

மின்சாரத் தொகையை அளவிடல்.

மின்சாரத்தெற்றல் (எலக்ட்ராலிஸிஸ்) முறையையொட்டி, குறிப்பிட்ட நேரத்தில் படிகின்ற உலோகத்தின் நிறையை அளவிடுவதால், மின்சாரத்தின் தொகையளவைக் கணக்கிடலாம். செப்பு ஸல்பேட்டிலிருந்து தனிப்பட்டு மறு மின் தட்டில் (நெகடிவ் பிளேட்டில்) படிகின்ற செப்பு அணு ஒவ்வொன்றும் இரண்டிரண்டு எலக்ட்ரான்கள் பாயலாதலால், எற்படுபவை. படிகின்ற செப்பு அணுக்களை எண்ணிட்டு, எலக்ட்ரான்களின் தொகையைக் கணக்கிடலாம். ஆனல் அணுக்களை எண்ண இயலாது. ஆயினும் ஒரு கிராம் நிறையான செம்பில் எவ்வளவு அணுக்களுள்ளன என மற்ற வழிகளில் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. எனவே, மறுமின் தட்டில் (நெகடிவ் பிளேட்டில்) படிகின்ற செம்பின் நிறையை அளவிட்டு, அதில் எவ்வளவு அணுக்கள் உள்ளன எனக் கணக்கிடலாம். அதைக்கொண்டு, மின்னோட்டத்தின் போது பாய்ந்த எலக்ட்ரான்களின் தொகை எவ்வளவு எனக் கணிக்கலாம். சாதாரணமாக மின்சாரத்தின் தொகையளவை ‘ குலூம் ’ என்ற யூனிட்டைக் கொண்டு செய்யப்படும், எனக்கூறியுள்ளோம். ஒரு கிராம் செம்பு படிவதற்கு 3085 குலூம்கள் மின்சாரம் தேவையாகும். (ஒரு குலூம் மின்சாரம் அறுபதினுயிரக்கோடானு கோடி எலக்ட்ரான்களைக் கொண்டது எனவும், ஒரு கிராம் செம்பில் பத்து கோடிக் கோடானுகோடி அணுக்கள் உள்ளன எனவும், மற்ற வழிகளில் அறியப்பட்டுள்ளது). இம்முறையையொட்டி மின்சார வோட்டத்தின் அளவையும் கணக்கிடலாம். பத்து நிமிஷத்தில் அரை கிராம் செம்பு படிகின்றது எனக்கொள்வோம். இதற்குத் தேவையான வளவு மின்சாரம் $\frac{3085}{2} = 1547{\cdot}5$ குலூம்கள். ஒரு ஆம்பியர் மின்னோட்டம் ஒரு ஸெகண்டிற்குச் செல்ல, ஒரு குலூம் மின்சாரம் வேண்டப்படும் எனக்கூறியுள்ளோம். ஆதலின் மின்னோட்டத்தின் அளவு $\frac{1547{\cdot}5}{10 \times 60} = 2{\cdot}58$ ஆம்பியர்களாம். சில ஆண்டுகள் முன் வரை இம்முறையையொட்டியே, ஒரு வீட்டில் செலவான மின்சாரத்தை

அளவிடும், ' மின்னளவைக்கருவிகள் ' (எலக்ட்ரிக் மீடர்கள்-**Electric Meters**) அமைக்கப்பட்டு வந்தன. வீட்டில் உபயோகிக்கப்படும் மின்னேட்டத்தில் ஒரு சிறு வீதமான பகுதி, இரண்டு செம்புத் தகடுகள் கண்ணடிக் கலத்துள்ள செப்பு ஸல்பேட் கரையம்—என்றவற்றினூடே செல்லுமாறு அமைக்கப்படும். அதனால், மறுமின் தகட்டின் (பாஸிடிவ் பிளேட்டின்) நிறை அதிகப்பட்டு வரும். அவ்வப்போது அதன் நிறை எவ்வளவு அதிகரித்துள்ளது என்பதை அளவிட்டு, அக்காலத்தினுள் எவ்வளவு மின்சாரம் சென்றுள்ளது எனக் கணக்கிடலாம். அது வீட்டில் செலவானதின் எவ்வீதமானது என அறியப்பட்டுள்ளமையின், வீட்டில் செலவான மின்சாரத்தினளவு கணக்கிடப்படலாம். இக்காலத்தில் மின்தெற்றல் (எலக்ட்ராலிஸிஸ்) முறையை யொட்டிய அளவுக் கருவிகள் (மீடர்கள்) தள்ளுபடியாய்விட்டன. மற்றவகை மீடர்களே உபயோகத்தி லுள்ளன.

மின்னேட்டமானபோது, எலக்ட்ரான்கள், மின்கடத்திகளின் (கண்டக்டர்களின்) வழியே செல்லும் விதத்தைக் கவனிப்போம். அவை, மின்கடத்தியி லுள்ள அணுக்களின் இடையில் வழிபண்ணிக்கொண்டு போகவேண்டும்.

மின்கடத்துத் தரழம் மின்முட்டுத் தரழம்

எனவே, அம்மின்கடத்திகளின் குறுக்கு வாட்டப் பரப்பு அதிகமாயிருந்தால், எலக்ட்ரான்கள் செல்வதற்கான இடைவெளிகள் அதிகமாயிருப்பன; அதாவது மின்னேட்டம் சுலபமாய் நடைபெறும். ஒரு சதுர அங்குலவளவு குறுக்குப்பரப்பான கம்பியொன்றின் வழியே, நூற்றிலொரு பங்கு சதுர அங்குலக் குறுக்களவான கம்பியொன்றின் வழியே ஏற்படுவதைவிட நூறு மடங்கு அதிக இலகுவாய் மின்னேட்டம் செல்லலாகும். இன்னும் மின்கடத்தி எப்பொருளாலானது என்பதை யொட்டியும் மின்னேட்டம் செல்லக்கூடிய இலகுவிருக்கும்; மற்ற எல்லாப் பொருள்களில் செல்வதைவிட அதிக இலகுவாய், வெள்ளியின் வழியே மின்சாரம் செல்கின்றது. வெள்ளியின் மின்கடத்துத்தரத்தில் (எலக்டிரிகல் கண்டக்டிவிடி -**Electrical Conductivity**) செம்பினது 94 சதவீதமானது. வெள்ளியனதில் 2 சதவீதமேயான மின்கடத்துத்தரத்தினவான உலோகங்களும் உண்டு. அவ்வாறனது வார்ப்பிரும்பு. மற்ற உலோகங்கள் 2%க்கும் 94%க்கும் இடைப்பட்ட மின்கடத்துத் தரமானவை. ஆஸிட்களும் ஆல்கலிகளும், பல உப்புகளும் நீரில் கரைந்துள்ளபோது மின்கடத்துத் தரமானவை; ஆயினும், அவை மின்னேட்டத்தால் மின் தெற்றல் (எலக்ட்ரலைஸ்) செய்யப்படுகின்றன, மிகவும் சுத்தமான நீரின் மின்கடத்துத்தரம் மிகவும் குறைந்தது. கண்ணடி, மைகா, எபனைட், காற்று இன்னோரன்னவை மின்கடத்திகள் அன்று. மின்னுகைப் புத்தரம் (பொடன்ஷியல்) அதிகமானபோது, அவற்றைத் துளைத்துக்கொண்டு எலக்ட்ரான்கள் செல்கின்றன, என முன்னரே கூறி

யுள்ளோம். மின் கடத்துத்தரத்தை அளவை செய்யும் முறை ஓரளவான மின்னுகைப்புத்தரம் (பொடன்ஷியல்) மின்கடத்திகளால் எவ்வளவு குறைக்கப்படுகின்றது என்பதைப் பொருத்தவாறு, ஏற்பட்டுள்ளது. மின் கடத்திகளின் தடை செய்யும் தன்மையையொட்டி, அக்குறைவு ஏற்படும். அவ்வாறு தடை செய்யும் வன்மை, அவற்றின் 'மின்னெதிர் முட்டுத்தரம்' (ரெஸிஸ்டன்ஸ்– **Resistance**) எனப்படுகின்றது. எனவே, மின்கடத்துத்தரம் அதிகமானவற்றின் 'மின்னெதிர் முட்டுத்தரம்' (ரெஸிஸ்டன்ஸ்) குறைவாகவும், மின்கடத்துத்தரம் குறைந்தவற்றின் மின்னெதிர் முட்டுத்தரம் (ரெஸிஸ்டன்ஸ்) அதிகமாகவும், இருப்பன. எதிர்முட்டுத்தரம் (ரெஸிஸ்டன்ஸ்) அளவை செய்யப்படுவதற்கான யூனிட், 'ஓம்' (**ohm**) எனப்படும். ஒரு ஆம்பியர் மின்னோட்டம் சென்றுகொண்டுள்ள மின்கடத்தியொன்றினால், மின்னுகைப்புத்தரம் (பொடன்ஷியல்) ஒரு வோல்டு குறைந்தால், அதன் 'மின்னெதிர் முட்டுத்தரம்' ஒரு ஓமாயிருக்கும், என நிர்ணயிக்கப்பட்டுள்ளது. மின்னோட்டம் இரண்டு ஆம்பியராயிருந்து, மின்னுகைப்புத்தரம் (பொடன்ஷியல்) ஒரு வோல்டு குறைந்தால், அதன் மின்னெதிர்முட்டுத்தரம் (ரெஸிஸ்டன்ஸ்) குறைவாயிருக்கும் ; அது, அரை ஓமேயிருக்கும். மின்னோட்டம் ஒரு ஆம்பியராகவேயிருந்து. மின்னுகைப்புத்தரம் (பொடன்ஷியல்) இரண்டு வோல்டுகள் குறைந்தால், அதன் மின்னெதிர் முட்டுத்தரம் (ரெஸிஸ்டன்ஸ்) அதிகமாயிருக்கும் ; அது இரண்டு ஓம்கள் இருக்கும். ஆகவே, மின்னுகைப்புத்தர வேற்றுமையும் (பொடன்ஷியல் டிபரன்ஸூம்), மின்னோட்டமும், (கர்ரண்டும்), எதிர்முட்டுத் தரமும் (ரெஸிஸ்டன்ஸூம்), முறையே, வோல்டு, ஆம்பியர், ஓம் என்ற யூனிட்களால் அளவை செய்யப்பட்டால், அம்மூன்று மின்சாரவியல்களும், பின்வரும் தொடர்புடனுள்ளன.

$$\frac{\text{மின்னுகைப்புத்தர வேற்றுமை (பொடன்ஷியல்டிபரன்ஸ்)}}{\text{மின்னோட்டம் (கர்ரண்டு)}} = \text{மின்னெதிர்முட்டுத்தரம் (ரெஸிஸ்டன்ஸ்)}$$

மின்விளக்கொன்றின் வழியேமின்னோட்டம் செல்லும்போது, அதிலுள்ள மெல்லிழைக்கம்பி (பிலமண்டு) சூடாகின்றது. சூட்டின் மிகுதியால் அது வெண்ணொளியுடன் பிரகாசிக்கின்றது. மின் விளக்கொன்றில், 60 வாட்டுகள், 220 வோல்டுகள் என்று குறிப்பிட்டுள்ளன எனக்கொள்வோம். மெல்லிழைக்கம்பியின் (பிலமண்டின்) நுனிகளிடை மின்னுகைப்புத்தர வேற்றுமை (பொடன்ஷியல் டிபரன்ஸ்) 220 வோல்டுகள் இருக்கவேண்டுமென்பதும், மின்சார சக்தியால் விளைவிக்கப்படும் சூட்டுச் சக்தியும் ஒளிச்சக்தியும் சேர்ந்து 60 வாட்டுகள் எண்தனைக்கு (பவருக்கு) ஈடானவை என்பதும், அக்குறியீடுகளின் அர்த்தம். மின்னுகைப்புத்தரம் (பொடன்ஷியல்) வோல்டுகளிலும், மின்னோட்டம் ஆம்பியர்களிலும் அளவிடப்பட்டால், மின்சாரச் சக்தியினளவு வாட்டு

களிலிருக்கும், எனக்கூறியுள்ளோம். எனவே, அவ்விளக்கு எரியும்போது, அதில் செல்லும் மின்னோட்டத்தினளவு $\frac{60}{220} = \frac{3}{11}$ ஆம்பியராயிருக்கும். அதிலுள்ள மெல்லிழைக் கம்பியின் (பிலமண்டின்) மின்னெதிர் முட்டுத்தரம் (ரெவிஸ்டன்ஸ்) $220 \frac{3}{11} = \frac{220 \times 11}{3} = 806\frac{2}{3}$ ஓம்களாயிருக்கும்.

மின் விளக்கிலுள்ள மெல்லிழைக் கம்பி (பிலமண்டு) மின்சாரம் அதனூடே செல்வதால் சூடாகின்றது. என மேலே கூறினோம். மின் கடத்திகளின் (கண்டக்டர்களின்) வழியே மின்னோட்டம் செல்லும்போது, அவை ஏன் சூடாக்கப்படுகின்றன, என்பதைக் கூறலாம். மின் கடத்தியின் எதிர் முட்டுத் தரத்திற்கு (ரெவிஸ்டன்ஸுக்கு)க்காரணம் என்னவென்பதைக்கூறி அதில் சூடு உண்டாவதற்கான காரணத்தை விளக்கலாம். மின் கடத்தியின் வழியே எலக்ட்ரான்கள் செல்லும்போது, அவை, அக்கடத்தியின் (கண்டக்டரின்) அணுக்களினிடை வழி பண்ணிக்கொண்டு போகின்றன என மேலே கூறியுள்ளோம். அப்படி அவை போகும்போது, அணுக்களால் மோதப்படுகின்றன. அவையும் அணுக்களை மோதுகின்றன அதனால் எலக்ட்ரான்களின் ஓட்டவேகம் தணிகின்றது. அது அதிகமாய்த் தணக்கப்பட்டால், மின்கடத்தியின் (கண்டக்டரின்) மின்னெதிர் முட்டுத்தரம் (ரெவிஸ்டன்ஸ்) அதிகம், எனக்கூறுகிறோம்; சற்றே தணக்கப்பட்டால், மின்னெதிர் முட்டுத்தரம் குறைவானது, என்கிறோம் மேற்கூறியவாறு எலக்ட்ரான்களும் அணுக்களும் மோதுவதால், அணுக்களின் இயக்கம் அதிகமாகின்றது. அவ்வியக்கச் சக்தி சூட்டுச் சக்தியாய் ஆகின்றது. ஆதலின், மின்கடத்திகளில் மின்னோட்டத்தால் சூடு உண்டாகின்றது. மின்னோட்டம் அதிகமாய்த் தடைப்பட்டால் சூட்டினளவும் அதிகமாகும். மின்னோட்டம் அதிகமாய்த் தடைப்படாவிடின் சூடு அதிகமாயிருக்காது. எனவே, மின்னெதிர் முட்டுத்தரம் (ரெவிஸ்டன்ஸ்) அதிகமான கடத்திகளில் அதிகமாய்ச் சூடு பயத்தப்படும்; மின்னெதிர் முட்டுத்தரம் (ரெவிஸ்டன்ஸ்)குறைந்தவற்றில் சொற்பசூடே உண்டாகும். ஓரளவான மின்னுகைப்புத் தரமானது ஓரளவான மின்னோட்ட த்துடனிருந்தால், மின்சார சக்தியால் செய்யப்படும் வேலையினளவு அவையிரண்டையும் பெருக்குவதாலான எண்ணின தாகும் என மேலே கூறியுள்ளோம். எனவே, 220 வோல்டுகள் மின்னுகைப்புத் தரமான மின்னுற்பத்தி மூலத்தினின்று, மின்சாரம் 2 ஆம்பியர்களான மின்னோட்டமாய் பாய்ந்தால், அது செய்யும் வேலை, ஸெகண்டிற்கு, $220 \times 2 = 440$ ஜவுல்களாகும். சுமாராக $4\frac{1}{4}$ ஜவுல்களால் ஒரு கலோரி (Calorie) சூடு உண்டாக்கப்படும், என கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. கலோரியென்பது சூட்டை அளவிடும் யூனிட். அது ஒரு கிராம் நீரின் வெப்ப நிலையை ஒரு ஸெண்டிகிரேட்

மின்னோட்டத்தால் மின்கடத்தியில் சூடு பயத்தப்படல்.

டிகிரியளவு அதிகமாக்குவதற்கு வேண்டப்படும் சூட்டினளவு. மேலே கூறப்பட்ட 440 ஜவுல்களும் சூட்டுச்சக்தியாயாயின், அதனால் $440 \div 4\frac{1}{4} = 103\frac{1}{2}$ (சுமாராக) கலோரிகளான சூடு ஒரு ஸெகண்டில் பயத்தப்படும். மேலே குறிப்பிட்ட விளக்கு எரியும்போது, மின்சார சக்தியால் ஸெகண்டிற்கு 60 ஜவுல்கள் வேலை செய்யப் படுகின்றது. அவ்வேலையில் பெரும்பகுதி சூட்டுச்சக்தியாய் ஆகின்றது. ஒரு மணி நேரத்தில் மின்சாரச் சக்தியால் செய்யப்படும் வேலையினளவு, $60 \times 60 \times 60 = 216000$ ஜவுல்களாகும். அதனால் பயத்தப்படும் சூட்டினளவு. $216000 \div 4\frac{1}{4} = 50820$ கலோரிகள். அச்சூட்டைக்கொண்டு அரைப் படித் தண்ணீரைக் கொதி நீராக்கிவிடலாம். இம்முறையை யொட்டியே 'மின் சூடேற்றிகள்' (எலக்ட்ரிக் ஹீடர்கள்-**Electric Heaters**) பண்ணப்படுகின்றன. மைக்கா அல்லது பீங்கானினாலான குழாயொன்றின்மீது நீளமான கம்பிச்சுரு ளொன்று சுற்றப்பட்டிருக்கும். அக்கம்பி நிக்கலும் குரோமியமும் கலந்த நிக்கல் குரோம்என்ற கலவை உலோகத்தினாலானது. ஒரு சுருள் அடுத்ததைத்தொடாத வாறு அக்கம்பி சுற்றப்பட்டிருக்கும். அச்சுருள், தகட்டினால் கவியப்பட்டிருக்கும். அக்கம்பியின் நீளமும் குறுக்களவும், ஹீடரினுள் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் அளவைப் பொறுத்தவாறுள்ளவை. கம்பி நீளமாயிருந்தால் மின்னெதிர் முட்டுத்தரம் (ரெஸிஸ்டன்ஸ்) அதிகமாகும்; மின்னோட்டவளவு குறைந்துவிடும். நீளம் குறைந்தால் மின்னோட்டம் அதிக வளவாகும். ஆனால் மின்னோட்டம் ஓரளவைவிடஅதிகமானால், கம்பி அதிகமாய்ச் சூடேறி உருகி விட்டுப்போகும். குறுக்களவு குறைந்தால் மின்னெதிர் முட்டுத்தரம் அதிகமாகும். அதனால் மின் னோட்ட வளவு குறையும். குறுக்களவு அதிகமானால் மின்னெதிர் முட்டுத்தரம் (ரெஸிஸ்டன்ஸ்) குறைந்து, மின்னோட்டம் (கர்ரண்டு) அதிகமாகி, கம்பி அதி சூடாகி உருகிவிடலாம். எனவே, தக்கவாறான நீளமும் குறுக்களவுமான கம்பி உபயோகிக்கப்படும். மின்சார உபயோகத்திற்கான கம்பிகள் பொருத்தப்படும் போது, அவற்றிடை, உருகிப்பெட்டிகள் (ப்யூஸ் பாக்ஸுகள் - **Fuse boxes**) என்பவையும் கூடவே அமைக்கப்படும். அவ்வாறான உருகிகள் (ப்யூஸ்கள் — **Fuses**) மின்சாரம் சூட்டைப்பயக்கும் முறையை யொட்டிப்பயன்படுபவை. இரு மின் கம்பிகள் ஒன்றின்மீது மற்றொன்றாய்ப்பட நேர்ந்தால் (இவ்வாறு தற்செயலாய் நேரிடலாம்) எதிர்முட்டுத்தரம் (ரெஸிஸ்டன்ஸ்) கிட்டத்தட்ட இல்லாத தாகின்றது. ஆதலின் மின்னோட்டவளவு மிகவும் அதிகமாகின்றது. மிகச் சூடாகி, அக்கம்பிகள் எல்லாம் உருகிவிடலாம். சுலபமாய்த் தீப்பற்றிக் கொள்ளக்கூடிய பொருள்கள் எவையாயினும் கிட்ட இருக்க நேர்ந்தால், அவை, சூட்டின் மிகுதியால் தீப்பற்றி எரிந்து, அவற்றின் அருகிலுள்ள வற்றிலும் தீயை மூட்டிவிடலாம். வீடே எரிந்து போனாலும் போகலாம். அவ்வாறான விபத்துகள் நேரிடாதவாறு தடுக்கவே, உருகிகள் (ப்யூஸ்கள்) பொருத்தப்படு கின்றன. உருகிகள் (ப்யூஸ்கள்) தக்கவாறு அமைக்கப்பட்டபோது, மேற்கூறப் பட்ட நிலைமையில் என்ன நேரிடும் என்பதைக் கவனிக்கலாம். உருகிகள்

(ப்யூஸ்கள்), மற்ற கம்பிகள் செய்யப்பட்டுள்ள பொருள்களைவிட மின்னெதிர் முட்டுத்தர வீதம் (ஸ்பெஸிபிக் ரெஸிஸ்டன்ஸ்) அதிகமான பொருளால் செய்யப்பட்டவை. அப்பொருளின் உருகு வெப்பநிலை (மெல்டிங்கு பாயிண்ட) கம்பிப் பொருளினதைவிடக் குறைந்தது. உருகிகள் (ப்யூஸ்கள்) மெல்லிய நீளக்கட்டையான கம்பிகள். அவை மற்ற கம்பிகளுக்கு இடைப்பட்டவா றுள்ளன. மேற்கூறப்பட்டவாறு, தற்செயலாய் மின்னோட்டம் மிகவும் அதிகமாய் விட்டால், உருகிக்கம்பி (ப்யூஸ்வைர்) முதலில் அதிக சூடாகின்றது. (மற்ற கம்பிப் பகுதிகளைவிட அதன் மின்னெதிர் முட்டுத்தரம் (ரெஸிஸ்டன்ஸ்) அதிகமானதால்.) அச்சூட்டுக்குட்பட்டு உருகிக் கம்பி (ப்யூஸ்) உருகிவிடும். அதனால் மின்னோட்டம் தடைப்பட்டு நின்றுவிடும். மற்றக் கம்பிகள் உருகா. வேறு பொருள்களும் தீப்பிடித்துக்கொள்ளப்பிரமேயமில்லை. இவ்வாறான உருகிகள் (ப்யூஸ்கள்) மின்சார வஞ்சித வணியில் (எலக்ட்ரிக் இன்ஸ்டலேஷனில்) இருத்தலால், அவ்வஞ்சிதங்கள் ஆபத்துக்குட்படாதவாறு காக்கப்படுகின்றன. எனவே, அவ்வுருகிகள், 'காப்பாற்று உருகிகள்' (ஸேப்டி ப்யூஸ்கள்—**Safety Fuses**) எனப்படுகின்றன.

இயற்கைக் காந்தயிகளும் செயற்கைக் காந்தயிகளும்

மூன்றாவது வழியில், மின்சாரம் எவ்வாறு உற்பத்தி செய்யப்படும் என்பதை எடுத்துரைப்பதற்குமுன், காந்தவியலை (மாக்னடிஸம்-**Magnetism**) ப்பற்றிச் சற்றுக் கூறவேண்டும். காந்தவியல், மின்சார வியலுடன் தொடர்பு கொண்டது. அயக்காந்தக்கல் (மாக்னிடைட்-**Magnetite**) என்ற பொருள் இயற்கையாகவே கிடைப்பது. அதன் தன்மைகள் பல நூற்றாண்டுகளுக்கு முன்பே அறியப்பட்டன. சிறு இரும்புத்துண்டுகள் அயக்காந்தக் கட்டியொன்றால் கவர்ச்சியுறுகின்றன எனவும், அக்கட்டி யொன்றை நூலால் கட்டித் தொங்கவிட்டால், அது எப்பொழுதும், தன் ஒரு நுனிப்பகுதி கிட்டத்தட்ட வடக்கை நோக்கியவாறும், மற்றொரு நுனிப்பகுதி கிட்டத்தட்ட தெற்கை நோக்கியவாறும் அமைந்து நிற்கும் எனவும், காணப்பட்டன. அயக்காந்தக்கல் ஸ்திரக்காந்தவியல் (பர்மனெண்டு மாக்னடிஸம்) ஆனது. அதாவது, அதன் காந்தவன்மை அதில் நீங்காதவாறு தரித்திருப்பது. அக்கற்கள் இயற்கையாகவே அகப்படுகின்றமையின், அவை இயற்கைக் காந்தயிகள் (நேச்சுரல் மாக்னட்டுகள்-**Natural magnets**) எனப்படுகின்றன. எஃகுச் சட்டமொன்றை, அயக்காந்தக்கல்லின் ஒரு நுனிப்பகுதியால் ஒரே வாட்டமாய் மீண்டும் மீண்டும் தேய்த்தால், அவ்வெஃகுச் சட்டமும் காந்தயியாய் (மாக்னெட்டாய்) ஆகின்றது. இப்படித் தேய்க்க உபயோகிக்கப்படுவதால், அயக்காந்தக்கல்லின் காந்தவன்மை குறைவதில்லை. எனவே ஒரு அயக்காந்தக் கல்லைக்கொண்டு பல எஃகுச் சட்டங்களை முறையே தேய்த்து, பல காந்தயிகளைச் செய்துகொள்ளலாம். அவ்வாறு செய்யப்படும்

காந்தயிகள், செயற்கைக் காந்தயிகள் (ஆர்டிபிஷல் மாக்னட்கெள் **Artificial Magnets**) எனப்படுகின்றன. இவ்வாறானவற்றிலும் காந்தத்தன்மை தரித்திருக்கும்: ஆதலின், இவையும் ஸ்திரக் காந்தயிகளே. சுத்த இரும்பாலான சட்டமொன்றை மேற்கூறியவாறு தேய்த்தால், அதுவும் காந்தயியாய் ஆகும். ஆனல் சற்றுநேரத்திற்குள் அதுகாந்தத்தன்மையில்லாததாகும். இவ்வாறானவை தாற்காலிகக் காந்தயிகள் (டெம்பரரி மாக்னட்கெள் **Temporary Magnets**) எனப்படுகின்றன.

தாற்காலிகக்காந்தயிகளும் ஸ்திரக் காந்தயிகளும்

மற்றொரு வழியிலும் எஃகுச் சட்டமொன்றை காந்தயியாய் ஆக்கலாம். எஃகுச் சட்டத்தைச் சுற்றிலும் கம்பிச்சுருள் ஒன்றைக் கவித்து, அக்கம்பியின் வழியே அதிக வளவான மின்னோட்டம் சில நிமிஷங்களுக்குச் செல்லுமாறு செய்தால் அச்சட்டம் காந்தயியாய் ஆகும். சுத்த இருப்புச்சட்டமொன்றை அவ்வாறே அமைத்தால் மின்னோட்டமுள்ள வரை அது காந்தயியாய் இருக்கும். மின்னோட்டம் நின்றவுடன் இருப்புச்சட்டமும் காந்தத்தன்மையற்றதாகும். ஆனல், மின்னோட்டம் நின்றபிறகுகூட எஃகுச்சட்டம் காந்தயியாகவே இருக்கும்.

இரும்புத்துண்டுகளும் இரும்புக்கலப்பான உலோகத்துண்டுகளும் காந்தயினல் கவர்ச்சியுறுகின்றன என அறிந்தோம். கோபால்டு, நிக்கல் என்ற உலோகங்களாலான வஸ்துக்களும் அவ்வாறே காந்தயினல் கவர்ச்சியுறுகின்றன. ஆனல்அவை இரும்பாலானவற்றைப்போன்று, அயில் காந்தத் தன்மையும் அவ்வளவு வலிமையாய்க் கவர்ச்சியுறுவதில்லை.

அயில் காந்தத் தன்மையும் நண்ணுக் காந்தவியலும் நண்ணக் காந்தவியலும்

இரும்பு - கோபால்ட் - நிக்கல்-என்ற பொருள்கள் அயில் காந்தத் தன்மையான (பெர்ரோ மாக்னடிக்- **Ferro magnetic**) பொருள்கள் எனப்படுகின்றன. கோபால்டு நிக்கல் என்றவற்றையும்விட மிகக் குறைந்தவன்மையுடன் கவர்ச்சியுறும் பொருள்கள் பலவுள்ளன. அல்யூமினியம் - பிளாடினம் - திரவக் காற்று-திரவ ஆக்ஸிஜன் என்றவையும் இன்னும் பலவும் அவ்வாறானவை. காந்தயினல் கவர்ச்சியுறுகின்ற பொருள்கள் எல்லாம் நண்ணுக்காந்தயியலினவை (பாராமாக்னடிக்கானவை **Para magnetic**) எனப்படுகின்றன. செம்பு - வெள்ளி - பொன் - நீர் - பாதரஸம்- திரவஹைட்ரஜன் - என்றவையும் இன்னும் பலவும் காந்தயிகளால் மிகமிகக் குறைந்த வலிமையுடன் எதிர்ப்போகுமாறு செய்யப்படுகின்றன. அவை நண்ணக் காந்தவியலினவை (டயாமாக்னடிக்கானவை-**Dia magnetic**) எனப்படுகின்றன. ஆகவே, எல்லாப் பொருள்களும், எதுவாவதொருவகையான காந்தயிகளானவையே.

காந்தவியலைப்பற்றி மேலும் கவனிக்கலாம். இரும்பினலும் எஃகினலும் ஆன சிறு வஸ்துக்கள் காந்தவலிமையால் கவர்ச்சியுறுகின்றன என அறிவோம்.

காந்தச்சட்டமொன்றினுல் அவை கவர்ச்சியுறும்போது அவை அச்சட்டங்களின் நுனிவாட்டங்களை நோக்கியே இழுக்கப்படுகின்றன எனவும், நடுவாட்டங்களில் காந்தவலிமையில்லை யெனவும் காணப்படும். இவ்வாறு காந்தவலிமை செறிந்துள்ள நுனிப்பகுதிகள் 'ஆயப்பதிகள்' (போல்கள்-**Poles**) எனப்படுகின்றன. இரு ஆயப்பதிகளிலும் (போல்களிலும்) காந்த வலிமையின் அளவு நிகராயுள்ளது. எனக்காண்கிறோம். ஆயினும் அவ்வலிமைகள் முறையே பிரயோகிக்கப்படும் திக்குகள் ஒருமித்தவையா, அன்று என்பதைக் கவனிக்கலாம். சிறு தையல் ஊசியொன்றை காந்தச் சட்டத்தால் தக்கவாறு தேய்த்து காந்த ஊசியாய் ஆக்கலாம். அக்காந்த ஊசியின் நடுவில் ஒரு நூலைக் கட்டி, ஊசியைத் தொங்கவிடுவோம், அது கிட்டத்தட்ட, தென் வடமான வாட்டத்தில் நிலைக்குவரும். காந்தச்சட்டத்தின் குறித்ததொரு நுனியை ஊசியின் நுனிகளில் ஒன்றின் அருகில் கொண்டுபோனுல்,ஊசி எதிர்வாட்டமாய் விலகுகின்றது; ஊசியின் மற்றொரு நுனியின் அருகில் காந்தச்சட்டத்தின் அந்நுனியையே கொண்டுபோனுல், காந்த ஊசி கவர்ச்சியுறுகின்றது. பிறகு காந்தச்சட்டத்தை நடுவில் கட்டித் தொங்கவிடுவோம். காந்த ஊசியின் கிட்டக்கொண்டுபோன நுனி வடக்கு நோக்கியுள்ளதா, அன்றி தெற்குநோக்கியுள்ளதா என்பதைக் கவனித்துக்கொள்வோம். அது வடக்கு வாட்டத்தினதாயிருந்தால், அதனின்று விலகியோடிய காந்தஊசியின் நுனியும் வடக்குவாட்டத்தினதாயிருக்கும். சட்டத்தின் தென் வாட்ட நுனி ஊசியின்கிட்டக் கொண்டுபோனதாயிருந்தால் அதனின்று விலகியோடிய நுனி ஊசியின் தென் வாட்டத்தினதாயிருக்கும். ஆகவே வடவாயப்பதி (போல்) மற்றொரு வடவாயப்பதியினின்று விலகியோடும் எனவும், தென்னுயப்பதியொன்றுல் கவர்ச்சியுறும் எனவும் அறிகிறோம். ஒரு காந்தயியின் இருவாயப்பதிகளும்நிகரளவான வலிமையினவாயினும்,அவ்வலிமைகள், முறையே, எதிர்ப்பட்ட திக்குகளில் பிரயோகிக்கப்படுபவை, எனவும், அறிகிறோம். காந்தயி ஒன்றில், வடக்கை நோக்கியுள்ள ஆயப்பதிக்கு வடவியை ஆயப்பதி (**North Seeking pole**) என்றும், தெற்கை நோக்கியுள்ளதற்கு தென்னியை ஆயப்பதி (**South Seeking Pole**) என்றும் பெயர். ஒரே வகையினவான ஆயப்பதிகளிடை எதிர்ப்பும் (ரிபல்ஷனும்) வெவ்வேறு வகையினவான ஆயப்பதிகளிடை கவர்ச்சியும் (அட்ராக்ஷனும்) எற்படும். காந்தயியின் ஆயப்பதி வலிமையின் (போல்ட்ஸ்ரெங்க்தை-**Pole-Strength**) ஆதிக்கத்திற்குட்பட்டவாறு, அதைச் சூழ்ந்துள்ள இடம் உள்ளது. அவ்விடம் காந்தப்புலம் (மாக்னடிக் பீல்ட்- **Magnetic field**) எனப்படுகின்றது.

காந்த ஆயப்பதிகள்

காந்தச் சக்திக்கான காரணம் என்னவென்பதை தெரியற் செய்கையோர் திட்டமாய் இதுவரை விளக்கவில்லை. ஆயினும் அக்காரணம் சிறிதுவரை

அறியப்பட்டுள்ளது. இரும்பு அணுக்கள் ஒவ்வொன்றும் முறையே இரு ஆயப் பதிகளை (போல்களை)க்கொண்ட 'நுண்காந்தயிகள்' எனக் கருதப்படுகின்றது. ஆயப்பதிகள் இரண்டையும் சேர்க்கும் அச்சு, 'ஆயம் (ஆக்விஸ்-Axis) எனப்படும். அணுக்களின் ஆயங்கள் எவ்வாட்டத்திலாகவேனும் இருக்கலாம். ஒரு அணுவின் ஆயத்துவாட்டம் எப்பொழுதும் ஒரேவாறு யிருக்கவேண்டும் என்றில்லை. அது ஒரு வாட்டத்தினின்று மற்றொன்றுக்குத் திரும்புமாறு, அணு சுழலலாம். எனவே காந்தயியினால் தேய்க்கப்படும்போது, அவ்வணுக்கள் காந்தவலிமையால் இயக்கப்பட்டு, அவ்வலிமையின் வாட்டத்திற் கியைந்தவாறு ஆயங்கள் திருப்பப்பட்டு, அணியாகின்றன. ஆதலின் எல்லா அணுக்களின் ஆயங்களும் ஒரே வாட்டத்திலுள்ள காந்தயியாய், அவை, தேய்க்கப்பட்ட இரும்புத்துண்டில் பொருந்தியுள்ளன. ஆயினும் அவ்வணுக்களை ஒழுங்குபடுத்திய காந்தவலிமை எடுபட்டபின், அவ்வணுக்கள் தாம் முன்னிருந்த பலவாட்ட நிலைமைக்கு மீள்கின்றன. காந்தயியால் தேய்க்கப்படும் துண்டு எஃகினுலானதாயிருந்தால், அதன் அணுக்களை வரிசையாய் ஒரே வாட்டத் துள்ளவாறு வலியுறுத்த அதிகவளவான காந்த வலிமை அவசியமாகின்றது. ஏனென்றால் எஃகிலுள்ள கார்பன் அணுக்கள் இரும்பு அணுக்கள் தக்கவாறு திரும்புவதை, சிறிதுவரைத் தடைசெய்கின்றன; அத்தடையை விலக்கிவிட்டு இரும்பு அணுக்கள் அணியுறவேண்டும். அதிகமான வலிமைக்குட்பட்டு அணியுற்றபின், அவ்விரும்பணுக்கள் மீண்டும் பலவாறன வாட்டங்களி லுள்ளபடி சுழன்றுவிடாதவாறு கார்பன் அணுக்கள் அவற்றைத் தடுக்கின்றன. எனவே எஃகுத்துண்டு ஸ்திரகாந்தயியாய் ஆகின்றது. இரும்பின் அணுக்கள் என் நுண் காந்தயிகளாய் உள்ளன என்பதற்கான காரணத்தை இனிக்கூறலாம்.

காந்த சக்தியும் எலக்ட்ரான்களும்

எல்லா அணுக்களிலும் எலக்ட்ரான்கள் உள்ளன என அறிவோம். அவை, அவ்வவற்றின் நியூக்ளியஸைச் சுற்றி முறையே வட்டமிடுகின்றன எனவும் கூறியுள்ளோம். ஆனால் ஒரு அணுவிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் எல்லாம் ஒரே திக்கி லாய் வட்டமிடுவதில்லை. சில வலசாரியாகவும் சில இடசாரியாகவும் வட்ட மிடுகின்றன. பொதுவாக எல்லாப் பொருள்களின் அணுக்களிலும் முறையே வலம் வருபவற்றின் தொகையும் இடம் வருபவற்றின் தொகையும் நிகராயிருக்கும். ஆனால் இரும்பு அணுக்களில் அவ்வாறில்லை. வலமிடும் எலக்ட்ரான்களின் தொகையும் இடம் வருபவற்றின் தொகையும் நிகராயில்லை. ஆதலின் இரும்பு அணுவொன்றில், வலதுசாரியிலாவது இடது சாரியிலாவது மின்னோட்டமுள்ளதைப்போன்ற நிலைமை ஏற்படும். பொதுவாக பொருள்களின் அணுக்களில் முறையே இரு சாரிகளிலும் ஒரே தொகையின வான எலக்ட்ரான்கள் ஓடிக்கொண்டிருப்பதால், எலக்ட்ரான்களின் சுழலோட் டத்தை யொட்டிய மின்னோட்டங்கள் இருசாரிகளிலும் முறையே நிகராகி, ரத்துசெய்யப்பட்டு விடுகின்றன. இரும்பு அணுவில் அத்தொகையளவுகள்

நிகராயில்லாதனவாதலால் அதற்குள் மின்னோட்டம் உள்ளது. அம்மின்னோட்டம் வட்டவளைவான கம்பியொன்றில் செல்லும் மின்னோட்டத்தை ஒத்தது. வட்டவளைவான கம்பியொன்றுள்ள தட்டத்தின் (பிளேனின்) ஒருபுறம் வடக்கியைக்காந்த ஆயப்பதியாகவும் (நார்த் மாக்னடிக் போலாகவும்) மற்றொருபுறம் தென்னியைக் காந்த ஆயப்பதியாகவும் (ஸவுத் மாக்னடிக் போலாகவும்) உள்ளன எனக் காணப்பட்டுள்ளது. அதாவது மின்னோட்டமுள்ள வட்டவளைக் கம்பியொன்று, காந்தயியொன்றைப்போன்று இரு ஆயப்பதிகளுடன் உள்ளது. அவ்வட்ட வளைக்கம்பியிலானதைப்போன்று, இரும்பு, அணுக்களினுள் ஏற்படும் மின்னோட்டத்தை யொட்டி, அவ்வணு காந்தயியொன்றை யொத்ததாய் ஆகின்றது. இரும்பு அணுக்களது எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைகள், இரு சாரிகளிலும் ஒரேயளவாயில்லாததற்கான காரணம் என்னவென்று தெரியற்செய்கையோரால் அறியப்படவில்லை.

காந்தயி (மாக்னட்) ஒன்றின் ஆயப்பதிகள் (போல்கள்) நிகர்வலிமையானவை எனவும், அவ்வலிமைகள் ஒன்றையொன்று எதிர்த்த இருதிக்குகளில் முறையே, ஆற்றுவிக்கப்படுகின்றன எனவும், கூறினோம். அதாவது ஒரு கோலின் நுனிகளை, முறையே ஒன்றுக்கொன்று எதிரான இரு வாட்டங்களில் பிடித்திழுக்கும் இரு வலிமைகளைப்போன்று, காந்தயி ஒன்றின் ஆயப்பதி வன்மைகள் (போல் ஸ்ட்ரெங்குதுகள்-Poles strengths) உள்ளவை. ஒருகோலை நடுவில் கட்டித் தொங்கவிட்டு அதன் நுனிகளை, முறையே, எதிரான இரு வாட்டங்களில் இழுத்துக்கொண்டிருந்தால், கோல் சுற்றிக்கொண்டே இருக்கும். ஆனால் காந்தயிவொன்றை நடுவில் கட்டித் தொங்கவிட்டால், அது சுழன்றுகொண்டே இருப்பதில்லை. வடக்கு—தெற்கான வாட்டத்தில் நிலைத்துவிடுகின்றது. அதற்கான காரணம் என்ன என்பதைக் கவனிக்கலாம்.

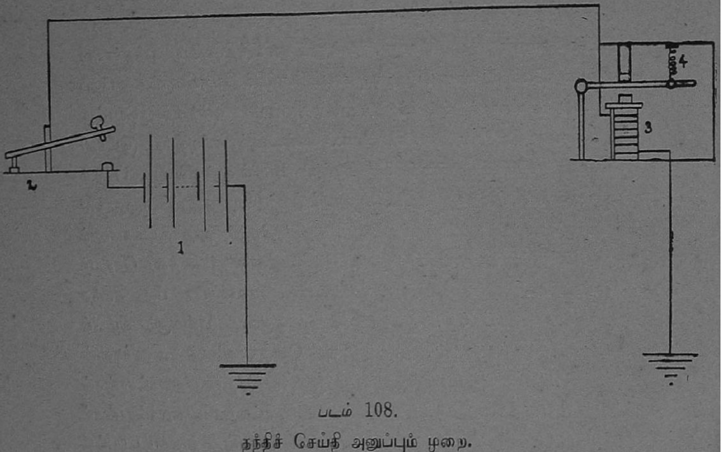
உலகம் ஒரு காந்தயி

மேற்கூறப்பட்டவாறு சுழன்று கொண்டுள்ள கோலின் இரு நுனிகளிலும், முறையே, அவை இழுபடும் வலிமைகளுக்கு எதிர்முகமான வலிமைகள் அவற்றைத் தடுத்துவிட்டால், கோல் சுழலாது நின்றுவிடும். அதைப்போலவே, கயிற்றால் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள காந்தயியின் நுனிகளில் காந்தவியலான எதிர் வலிமைகள் பிரயோகிக்கப்படுகின்றன. அவ்வலிமைகள் ஆற்றுவிக்கப்படலாதற்குக் காரணமானது நமது உலகமே. உலகம் ஒரு பெரும் காந்தயி எனலாம். வடத்துருவத்தின் அருகில், உலகக் காந்தயியின் தென்னாயப்பதியும் தென் துருவத்தின் அருகில் அதன் வடவாயப்பதியும், முறையே உள்ளன. எனவே நாம் தொங்கவிட்ட காந்தயியின் ஆயப்பதிகளின்மீது முறையே, அவற்றை எதிர்த்த வலிமைகள் பிரயோகிக்கப்படலானமையின் அது சுழலாமல் நின்றுவிடுகின்றது. அது உலகக் காந்தயியின் காந்தப் புலத்தில் (மாக்னடிக் பீல்டில்) உள்ளது. உலக ஆயப்பதிகளினிடையான ஆயத்தின் வாட்டத்தில்

அது நிலைக்கு வருகின்றது. உலகின் வடத்துருவமும், அதை யொட்டிய காந்த ஆயப்பதியும் ஒரே இடத்தில் இல்லை. தென் துருவமும் அதையொட்டிய வடவாயப்பதியும் ஒரே இடத்தில் இல்லை. எனவே நமது காந்தயி நிலைக்கு வரும் வாட்டம், உலகின் சரி வடக்கு-தெற்கானதன்று. காந்தயி யொன்று காட்டும் வடதிசை, உலகின் சரியான வடக்கினின்றுச் சற்றுப் பிறழ்ந்ததாய் இருக்கும். வேறு பல காரணங்களையும்யொட்டி, பிறழ்வு ஏற்படுகின்றது. அப்பிறழ்வுகள் உலகின் எல்லாப் பாகங்களிலும் ஒரேயளவினவை அன்று. ஆதலின் உலகின் பல பாகங்களில் காந்தயி சரி வடக்கினின்று பிறழ்ந்துள்ள கோணத்திரிபுகள் (ஆங்குலர் டீவியேஷன்கள்) ஒரேயளவாய் இல்லை. காந்தயி காட்டும் திக்கு, இடத்திற்கு இடம் வேறுபடும். ஓரிடத்தில் காந்தயி காட்டும் வடதிசைக்கும் உலகின் சரியான வடக்குக்கும், இடையான கோணத்திரிபு அவ்விடத்து காந்தச் சரிவுவீற்று (மாக்னடிக் டெக்ளினேஷன். **Magnetic-Declination**) எனப்படும். சென்னையில் அதன் அளவு, $1\frac{1}{2}^0$ (மேற்கு) அதாவது அங்கு காந்தயிவொன்று காட்டும் வடதிசை சரியான வடதிசையினின்று மேற்காய் $1\frac{1}{2}^0$ திரும்பியுள்ளது. லண்டனில் காந்தச்சரிவு வீற்று (மாக்னடிக் டெக்ளினேஷன்) 12^0 (மேற்கு). இன்னும் ஓரிடத்திலேயே காந்தக்சரிவு வீற்றின் (டெக்ளினேஷனின்) அளவு காலப் போக்கில் வேறுகிவரும். காந்தப் புயல்கள் (மாக்னடிக் ஸ்டார்ம் **Magnetic storms**) என்றவற்றையொட்டி அவ்வளவை திடீரென வேறுகிவிடலாம். லண்டனில், சரிவுவீற்று (டெக்ளினேஷன்) 1600-ம் ஆண்டில் $5\frac{1}{2}^0$ (கிழக்கு) 1659ம் ஆண்டில் 0^0, 1709.ம் ஆண்டில் $10\frac{1}{2}^0$ (மேற்கு) 1820.ம் ஆண்டில் $24\frac{1}{2}^0$ (மேற்கு) இப்பொழுது 12^0 (மேற்கு) என வேறுபட்டு வந்துள்ளது. அம்மாதிரியே மற்ற இடங்களிலும் அது வேறுபடும். உலகம் காந்தயியாய் இருப்பதற்கான காரணத்தை தெரியற் செய்கையோர் விளக்கியுள்ளனர். அவ்விளக்கம் கடினமான பல கணித முறைகளை யொட்டியது. ஆயினும், அதை ஒருவாறு பின்வரும் வழியில் கூறலாம். உலகின் உட்பகுதிகளிலுள்ள பொருள்களினது அணுக்களின் நியூக்ளியஸ்கள் நிர்மூலமாகின்றன. அதனல், அவற்றின் எலக்ட்ரான்கள் விடுபட்டு வெளிப்படுகின்றன. உலகின் மேலோட்டினூடே எலக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன என்பது, பல ஆராய்ச்சிகளினின்று நிலைநாட்டப்பட்ட விஷயம். தனது ஆயம் நடுவானவாறு உலகம் சுழன்றுகொண்டுள்ளது என்பதை எல்லோரும் அறிவர். அவ்வாறு உலகம் சுழலும்போது உள்ளிருந்து வெளிப்பட்டுள்ள எலக்ட்ரான்களும் கூடவே சுழல்கின்றன. எலக்ட்ரான்கள் வளையவடிவமான பாதையில் சுழலுறலையொட்டி காந்தயி அமையும் என மேலே கூறியுள்ளோம். கணக்கிட்டுப் பார்க்கும்போது, இருபது லக்ஷம் ஆண்டுகளில் நிர்மூலமாக்கப்படும் பொருளின் நிறை, நமது உலகின் நிறையில் கோடியிலொரு பங்கினதாயிருந்தால் நமது உலகின் காந்தப் புலவலிமை ஏற்படப்போதுமானது என அறியப்படுகிறது.

எலக்ட்ரான்களின் இயக்க நிமித்தம், காந்தப்புலம் ஏற்படும், என மேலே கூறியுள்ளோம். எனவே, ஒரு நீளக்கம்பியை, சிறு குறுக்களவான குழாயொன்றைச் சுற்றிச் சுற்றி வருகின்ற சுருளாய் அமைத்து, அக்குழாயைப்பிறகு கழற்றியெடுத்துவிட்டு கம்பியினூடே மின்னோட்டம் செல்லுமாறு அமைத்தால் கம்பிச்சுருளின் குழலிடைப்பாகத்தில் காந்தப்புலம் ஏற்படும். இவ்வாறான கம்பிச் சுருள் புழை வரிச்சுருள் (ஸோலினொயிடு-**Solenoid**) எனப்படும். குழலிடத்தில் பயத்தப்படும் காந்தப்புலத்தின் வலிமை, வரிச்சுருள் கம்பியின் வழியே செல்லும் மின்னோட்ட வளவையும், சுருளினது வரிகளின் எண்ணிக்கையையும் பொருத்தவாறு இருக்கும். புழைவரிச்சுருள் (ஸோலினொயிட்) காந்தயியைப்போன்று இரு ஆயப் பதிகளுடன் இருக்கும். அதன் இடையில் இரும்புக் குச்சியொன்றைவைத்தால் புழைவரிச்சுருளில் மின்னோட்டம் செல்லும்போது, அது காந்தயியாய் ஆகும்.

மின்காந்த ஆற்றுவிப்பும் தந்தியடிக்கும் கருவியும் மின்சார மணியும்



படம் 108.

தந்திச் செய்தி அனுப்பும் முறை.

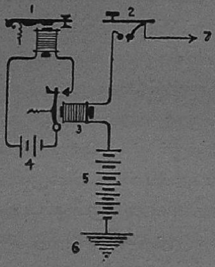
1. மின்கொட்டலி (**Battery**)
2. தகவுத் தட்டல் திறவடைவி (**Tap key**)
3. மின்காந்தயி வரிச்சுருள் (**Eleetro magnetic Solenoid**)
4. வில் (**Spring**)

மின்னோட்டம் நின்றவுடன் இரும்புக்குச்சியும் காந்தவியலற்றதாகும். இவ்வித காந்தயிகள் மின்காந்தயிகள் (எலக்ட்ரோ மாக்னட்டுகள் - **Electro-magnets**) எனப்படுகின்றன. மின்காந்த ஆற்றுவிப்பு (எலக்ட்ரோ மாக்னடிக் இண்டக்ஷன் **Electro magnetic Induction**) முறையை யொட்டியே, தந்திச் செய்தி

யனுப்புவதற்கான கருவிகள் அமைக்கப்படுகின்றன. தந்தி நிலையம் ஒன்றில் பல லெக்லாஞ்சி ஸெல்களைக்கொண்ட மின்கொட்டலி(பாட்டரி) ஒன்றிருக்கும்; மின்னோட்டத்தைத் தக்கவாறு நிறுத்தவும், செல்லவும் செய்வதற்கான தட்டுச் சாவி (டாப்கீ-**Tap-key**) ஒன்றிருக்கும்; மின்காந்தயி ஒன்றிருக்கும்; அதன் நடுவிரும்புக்குச்சி வரிச்சுருளினின்று சற்று வெளியே நீட்டிக்கொண்டிருக்கும்; அதிலிருந்து சற்றுமேலே, வில்லால் பொருத்தப்பட்ட இருப்புச்சட்டமிருக்கும். அச்சட்டம் மேலுங்கீழுமாய் அசையக்கூடும். அது மேலே வில்லால் இழுபடும் போது, அங்குள்ள மற்றொரு இருப்புச் சட்டத்தை அதிக ஓசையின்றித் தட்டும். கீழே இழுபடும்போது, மின்காந்தயியின் நடுவிருப்புக் குச்சியின் நுனி மட்டத்தை 'டக்' என்று தட்டும். தந்தியடிக்கப்படும் நிலையத்திலுள்ள மின் கொட்டலியின் (பாட்டரியின்) ஒரு மின் நுனி (போல்) யுடன் ஒரு நுனி இணைக்கப்பட்ட கம்பியொன்றின் மற்றொரு நுனி நிலத்தில் புதைக்கப்படும். மின்கொட்டலியின் மற்றொரு நுனி தட்டுச்சாவியின் வழியே தந்தி போய்ச்சேரும் நிலையத்திற்குச் செல்லும் கம்பியுடன் பொருத்தப்படும். அந்நிலையத்திலுள்ள மின்காந்தயியின் வரிச்சுருள் கம்பியின் நுனியொன்றுடன் தந்தியடிக்கப்படும் நிலையத்தினின்று வரும் கம்பி இணைக்கப்படும். வரிச்சுருளின் மற்றொரு நுனியுடன் மற்றொரு கம்பியின் ஒரு நுனி இருத்தப்படும். இக்கம்பி யின் மற்றொரு நுனி நிலத்தில் ஊன்றப்படும். தந்தியடிக்கப்படும் நிலையத்தி லிருந்து அனுப்பப்படும் மோர்ஸ்பத்ததியான செய்தியை யொட்டியவாறு தட்டுச் சாவியைக்கொண்டு மின்னோட்டம் விட்டுவிட்டுச் செல்லும்படி செய்யப்படும் போது, தந்தி சேரும் நிலையத்திலுள்ள மின்காந்தயியின் வரிச்சுருள் வழியே மின்சாரம் விட்டு விட்டுப்பாயும். அதற்கேற்றவாறு அங்கு, கட்-கட-கட் என்ற வாறான ஓசை பயத்தப்படும். மேற்கூறப்பட்டவாறான கருவிகள் எல்லாம், முறையே, ஒவ்வொரு தந்தி நிலையத்திலும் உள்ளமையின், அவற்றிடை தந்திச் செய்திப் போக்கு வரத்து ஏற்பட ஏதுவாகின்றது. தந்தி நிலையங்கள் இரண்டினுக்கு இடைப்பட்ட தூரம் மிக அதிகமானால், அவற்றிடை அமைக்கப் படவேண்டிய கம்பியின் நீளமும் மிக அதிகமாகும். எனவே, அதன் மின் னெதிர்முட்டுத்தரம் (ரெஸிஸ்டன்ஸ்) அதிகமாகின்றதால், மின்னோட்டத்தி னளவு குறையும். செய்தியை யொட்டிய ஓசைகள் திட்டமாய்க் கேட்கப்படா தனவாகும். அவ்வாறாகாமலிருக்க அஞ்சல் நிலையங்கள் (ரிலே ஸ்டேஷன்கள் நிறுவப்படுகின்றன. இரு தந்தி நிலையங்களுக்கிடையான தூரம் இருநூறு மைல்கள் என்றிருந்தால் அது நாற்பது மைல்கள் என்றான பகுதிகளாய்ப் பிரிக்கப்படும். ஒரு பகுதிக்கும் அதற்கடுத்ததற்கும் இடையில் முறையே, 'அஞ்சல்கள்' அமைக்கப்படும். இவை ஒவ்வொன்றிலும், முறையே, மின் கொட்டலி (பாட்டரி)யும். மின்காந்தயியும் இருக்கும். முதற்பகுதியின் மின் னோட்டத்தால் அஞ்சலின் மின்காந்தயியின் மேற்சட்டம் மேலுங்கீழுமாய் அசையும்போது, அவ்வஞ்சலிலுள்ள மின்கொட்டலியினின்று அடுத்த பகுதிக்

கான கம்பியில் மின்னோட்டம் செல்லும். இவ்வாறே அஞ்சலுக்கு அஞ்சல் ஏற்படுவதால் மின்னோட்டத்தின் அளவு குன்றுதுள்ளது. இரு தந்தி நிலயங்களிலும் மின்காந்தயிச் சட்டம் சரியாய் இழுபட்டு ஓசைகளும் சரியாய்க் கேட்கப்படும்.

மின்மணிகள் (எலக்ட்ரிக் பெல்கள்) மின்காந்தயிமுறையை யொட்டி யானவை. அவற்றில் நாம் மேலே கூறியவாறுன வில்சட்டம் ஒரு கம்பியுடன் இணைக்கப்படும். அக்கம்பியின் மற்ெறுரு நுனியில் 'குண்டு' ஒன்றுள்ளது.



படம் 109

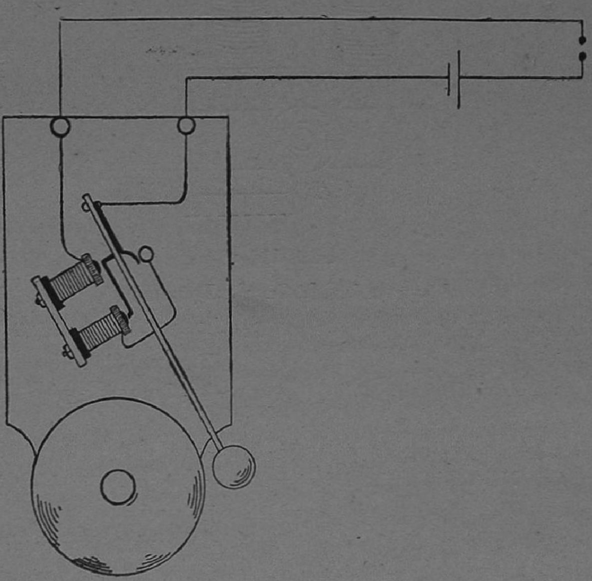
தந்தி அஞ்சல் தொடரிணைவு (Rela Circuit)

1. அடித்தொலிப்பி (Sounder)
2. தட்டுச்சாவி (Tap key)
3. அஞ்சல் சுருள் (Rela Coil)
4. சேரிட மின்கொட்டலி (Local Battery)
5. தொடரிணை மின்கொட்டலி (Line Battery)
6. நிலம்
7. தொடரிணைக்கம்பி (Line)

விற்சட்டம் மின்காந்தயியை நோக்கி இழுபடும்போது மின்னோட்டம் நின்று விடும். அதனுல் அச்சட்டம் விடுபட்டு வில்லால் பின்னே இழுக்கப்படும்; மின்னோட்டம் பாயும்; வில் இழுபடும். இப்படி மேலும் மேலும் ஏற்படுவதால் விற்சட்டம் முன்னும் பின்னுமாய் ஆடிக்கொண்டிருக்கும். அதனுடன் இணைக்கப்பட்ட குண்டும் அவ்வாறே ஆடும். அக்குண்டு ஆடும்போது அது உலோகக் கிண்ணமொன்றை விட்டு விட்டுத் தட்டும். மணி அடிக்கப்படும்; மணியோசை கேட்கும்.

மின்னோட்டத்துடனுள்ள கம்பியொன்றைச் சூழ்ந்து காந்தப்புலம் ஏற்படுகின்றது என மேலே கூறினேம். அம்முறையையொட்டி, காந்தப்புல மொன்றில் கம்பியை இயக்கினுல், அதில் மின்னோட்டம் ஏற்படுகின்றது எனக்

காணப்பட்டது. இவ்விளைவுக்கு மின்காந்த ஆற்றுவிப்பு (எலக்ட்ரோ மாக்னடிக் இண்டக்ஷன்-**Electro magnetic Induction**) என்று பெயர். கம்பிச்சுருள் ஒன்று காந்தப்புலத்தில் அசைவற்றிருந்தால் அதில் மின்னோட்டம் உண்டாகாது. அக்கம்பிச்சுருள் காந்தயியின் ஆயப்பதிகளில் ஒன்றை நோக்கியும் மற்றொன்றி னின்று எதிர்விலகியும், போகுமாறு அசையும்போதே, அதிலுள்ள எலக்ட்ரான் கள் தனிப்படுகின்றன. எனவே அப்போதுதான் மின்னோட்டம் ஏற்படும்.



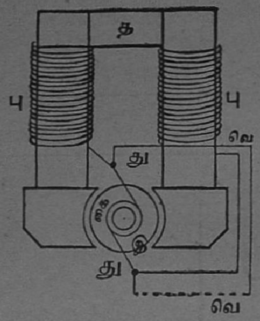
படம் 110

மின்சார மணி (**Electric Bell**)

மின்சாரவுற்பத்தி செய்வதற்கான மூன்றும்வழி இம்முறையை யொட்டியது. மின்சார உற்பத்தி செய்யப்படும் டைனமோக்களில் மின்காந்தயி ஒன்று உள்ளது. இது கொக்கியைப்போல் வளைந்த வடிவானது. அதன் இரு ஆயப்பதிகளும் சமீபத்துள்ளன. அவற்றிடையுள்ள இடம் வலிமை மிக்க காந்தப் புலமாயிருக்கும். இம்மின் காந்தயிக்கான வரிச்சுருள்கள் (ஸோலினாயிடுகள்) புலச்சுருள்கள் (பீல்ட்காயில்கள் **Field coils**) எனப்படுகின்றன. அவற்றில்

டைனமோக்கள்

மின்னோட்டமுள்ளபோது ஆயப்பதிகளின் இடையிடம் காந்தப்புலமாகும். அவ்வாறானபோது அதில் மற்றொரு கம்பிச்சுருள் விரைவாய் சுழற்றப்படின், அதன் கம்பியில் மின்னோட்டம் உண்டாகும். சுழற்றப்படும் இக்கம்பிச் சுருளுக்கு



படம் 111

மின்சார உற்பத்திப்போறி. (**Dynamo**)

பு - புலச்சுருள் **Field Coil**)
த - தண்டு (**Core**)
து - துடைப்பான் (**Brush**)
வெ - வெளியேற்றுக் கம்பிகள் (**Transmission lines**)
கை - கையேலுதல் சுருள்

கையேலுதல் சுருள் (ஆர்மேசர் காயில்-**Armature coil**) என்று பெயர். தொடக்கத்தில் மின்கொட்டயிலிருந்து புலச்சுருள்களில் மின்னோட்டம் செலுத்தப்படும். கையேலுதல் சுருள் காந்தப்புலத்தில் சுழற்றப்படும். அப்பொழுது அதில் பயத்தப்படும் மின்னோட்டமும் புலச்சுருள்களின் வழியே பாயுமாறு, டைனமோ அமைக்கப்பட்டது. எனவே காந்தப்புலத்தின் வலிமை அதிகமாகின்றது. கையேலுதல் சுருளில் பயத்தப்படும் மின்சாரமும் அதிக வளவினதாகின்றது. டைனமோ ஒரு தடவை ஓடியபிறகு, மின்காந்தயியின் நடுக்குச்சியில் (கோரில்-Core) சிறிதளவு காந்தம் தங்கியிருக்கும். அடுத்த தடவை டைனமோ ஓடும்போது, மின்னோட்டம் பயத்தப்பட, அக்காந்தமே போதுமானது. மின்கொட்டலியினின்று மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட வேண்டியதில்லை. கையேலுதல் சுருள் (ஆர்மேசர் காயில்) ஓரரைச் சுழற்சியின் போது, வடஆயப்பதியினின்று தென் ஆயப்பதியுள்ள திசையை நோக்கியும் மற்றவரைச் சுழற்சியின்போது, அதற்கு எதிரானவாறும் சுழன்றுகொண்டிருக்கும். எனவே அதில் பயத்தப்படும் மின்னோட்டம் மாறி மாறி ஒன்றையொன்று எதிர்த்த இரு திக்குகளிலாய் செல்வதாயிருக்கும். அதற்கு மாறி மாறிநந்து மின்னோட்டம் (ஆல்டர்னேடிங்கு கர்ரண்டு **Alternating Current**)

என்று பெயர். பரிவர்த்தத்திரிபி (காம்யூடேட்டர்-**Commutator**) என்ற சாதனமொன்றை உபயோகித்து, அதை ஒரு போக்கு (டைரக்ட்-**Direct**) மின்னோட்டமாயாகுமாறு செய்யலாம். கையேலுதல் சுருளில் (ஆர்மேசரில்) உண்டாகின்ற மின்சாரம், துடையீட்டிகள் (புரஷ்கள்-**Brushes**) என்றசாதனங்களால் திரட்டப்பட்டு வெளிக்கடத்தும் கம்பிகள் (டிரான்ஸ்மிஷன் லைன்ஸ்-**Transmission Lines**) என்றவற்றின் வழியே, மின்சாரம் வேண்டப்படும் இடங்களுக்குச் செலுத்தப்படுகின்றது. கையேலுதல் சுருள் (ஆர்மேசர்) நீராவி எஞ்சினாலாவது நீர் வீழ்ச்சியால் ஓட்டப்படும் பீரிடுவியக்கிகளினாலாவது (டர்பைன்களினாலாவது·**Turbines**) வேகமாய்ச் சுழற்றப்படும். செயல் முறையையொட்டிப் பயன்படும் டைனமோக்கள் பலவகையான கையேலுதல் சுருள்களுடனும், புலச்சுருள்களுடனும் பரிவர்த்தத்திரிபிகளுடனும் இன்னும் பல சாதனங்களுடனும் அமைக்கப்பட்டவை. ஆகவே மின்னுற்பத்திசெய்யும் டைனமோக்கள் இயக்கவியலான சக்தியை மின்சாரச் சக்தியாய் மாற்றுவதற்கான சாதனங்கள் எனலாம். அவற்றையொட்டிய அடிப்படைக் கருத்துக்களையே நாம் மேலே விளக்கினோம்.

மின்சாரத்தைப்பற்றி அறியப்பட்டுள்ள விஷயங்கள் ஏராளமானவை; மின்சாரத்தைக்கொண்டு செய்விக்கப்படும் வேலைகளோ அபாரமானவை. நாம் கூறிய விஷயங்கள் மிக மேலோட்டமானவையே. மின்சாரக் கலையியல் (எலெக்ட்ரிகல் டெக்னலஜி) என்பதைப்பற்றி எழுதப்பட்டுள்ள நூல்கள் எண்ணற்றன. மின்சார விதியியல் (எலக்ட்ரிகல் தியரிகள்) நூல்கள் கடினமான கணிதமுறைகளை யொட்டியுள்ளவை. அவற்றை யெல்லாம் கற்கவேண்டுமாயின் அறிவைச் செம்மைப்படுத்தி ஒழுங்கு செய்து, பயனுறுவாருக்கும் நமது செம்மல் மூளை விருத்தியாகவேண்டும். ஐம்புலன்களாலுணர்ந்ததைக்கொண்டு அருஞ்செயல்களாற்றுவதற்குக் காரணமானது செம்மல் மூளையே. அறிவும் செயலும் ஒருங்கே நிற்றல் என்ற இசைவுப்பொருத்த உடன்பாடே, செம்மல் மூளையின் சிறப்பு. அதன் வெளித்தோற்றமே தெரியற்செய்கை எனலாம். அறிவாற்றலும் செயலாற்றலும் செம்மல் மூளையின் ஆற்றலே யென்பதை அறிவுறுத்தலே தெரியற் செய்கையின் பணியாம்.

இரண்டாம் பாகம்

புலன்

"ஒரு மகன் தன்னுள்ளத்து நிரல் வினைகளை மதிப்போனாயின் தகவலறியா இருளில் அமிழ்ந்திருக்க எளிதில் இணங்கான், மெய்ச் செய்தி கூறும் உண்மை தெரியற் செய்கை தன் கைவீச்சினுள் எளிதாய் கிடக்கும்போது; அது இயற்கையின் காலவரம்பற்ற முக்கிய பொருள் பற்றி உரைக்கும்; அஃது தானேயமைந்த பொருண்மையாம்; ஒவ்வோரொப்புரவுக்கும் அடிப்படலமாம் அஃது; காலத்திற்கும் இடம்பாட்டிற்குங்கூட; அதுவே அக்கருத்துக்கள் பாற்பட்ட இயந்திர வியலும் திணியுமாம்; ஊர்தியும் ஈதலியும் ஏற்பியுமாம், புலன்கள் வாயிலாயெழும் உணர்ச்சிகளுக்கு"

(பிரிட்ஜஸின் ஆங்கிலத்தினின்று மொழிபெயர்ப்பு)

"Nor will a man, whose mind respects its own operations lightly resign himself to remain in darkness uninform'd while any true science of fact lies easy within reach concerning Nature's eternal essential object, self matter, embodying substratum of ev'ry relation both of Time and Space, at once the machinery and stuff of those ideas, carrier, giver, only receiver of such perceptions as arise in sensible organs"

— *Bridges.*

ஏழாம் அத்தியாயம்

மெய், வாய், மூக்கும் பொருள்களின் பண்புக்களும்

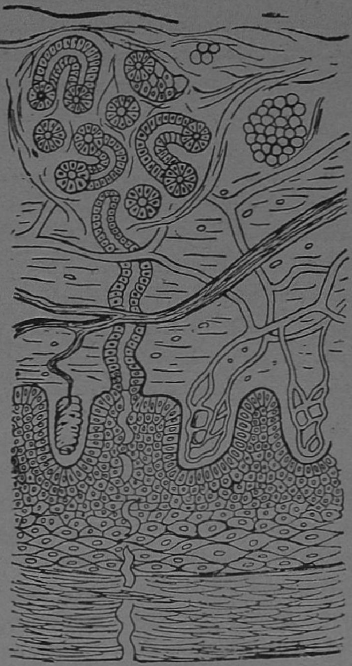
பொறிகள் என்ற நமது உணர் உறுப்புக்கள் ஐவகைப் புலன்களுக்கான வாறு மூளையுடன் நரம்புகள்வழியே தொடர்பு சொண்டவை என அறிந்து கொண்டோம். புலன்களை ஐந்தானவாறு வகையீடு செய்தல் என்பது பொது வானவாறேயாம். ஐந்தைவிட அதிகமான புலன்கள் உள்ளன. தொட்டுணர்தல் அல்லது ஊறுணர்ச்சியின் பாற்பட்ட நுகருணர்ச்சிகள்பல. ஒரு வஸ்துவைத் தொடுவதாலுண்டாகும் உணர்ச்சிகள் பலவிதமானவை. பட்டும் படாததுமாய்த் தொடப்படும் போதுண்டாகும் கூச்சம்-சூட்டுணர்ச்சி-குளிருணர்ச்சி-அமுக்க உணர்ச்சி-கரடுணர்ச்சி-மிருதுணர்ச்சி-நோவுணர்ச்சி என்றவையும் இன்னும் பலவும் ஊறுணர்ச்சியின் பாற்பட்டவை. நமது கண்களை மூடிக்கொண்டிருந்தாலும், கைகால்களை நீட்டிக்கொண்டிருக்கின்றதையும் மடக்கிக்கொண்டிருப்பதையும், நாம் உணர்கிறோம். கண்ணில் படாதவாறே, நமது கை, உணவை வாய்க்கு ஊட்டலாம். கண்ணைப் பொத்திக்கொண்டு, நமது வலக்கையை இடக்கையால் தொடலாம். கிணற்றிலிருந்து நீர் இறைக்கும்போது, நமது தசைகள் கயிற்றை இழுக்கின்ற உணர்ச்சியுடனுள்ளன. கை தளர்ந்துவிட்டால் தசைகள் அதை உணர்கின்றன. இன்னும் நமது உடலினுள் நடைபெறும் காரியங்கள் செவ்வனே நடந்தேறும்போது, அதையும் நாம் ஒருவாறு உணர்கிறோம். இவ்வாறான பலவுணர்ச்சிகளும் பொதுவாய் ஊறு என்ற ஒரு புலனினைச்சார்ந்தவையே, என, நாம் எண்ணுகிறோம். ஆனால் பலவாறான அவ்வுணர்ச்சிகளையொட்டிய யதிகள் செல்லும் நரம்புகளின் நுனிகள் வெவ்வேறு வகையான உடற்கூறுகளில் முடிகின்றவை. அதாவது நாம் மேற்கூறிய உணர்ச்சிகள் ஒவ்வொன்றும் முறையே அதனதற்கான பொறியியலான உறுப்புகளுடனுள்ளவை, என ஒருவாறு கூறலாம்.

ஊறுணர்ச்சியின் பாற்பட்ட பலவித உணர்ச்சிகள்

சாதாரணமாக, நாம் ' தொட்டுணர்தல் ' எனக்கூறும் புலனுக்கான பொறி நமது மேற்றோல். உடலிலுள்ள டிஷ்யூக்கள் மீதெல்லாம் கொழுப்பு படர்ந்திருக்கும். தசைகள் எல்லாம் கொழுப்புப் படலங்களால் மூடப்பட்டவை. கொழுப்புப்படலம் உடலின் சில பகுதிகளில் மெல்லியதாயும், சில பகுதிகளில் தடிப்பாயும் இருக்கும். அக்கொழுப்புப்படலங்களின் மீது, உடல் முழுவதையும் போர்த்துள்ள உறை மாதிரி தோல் அமைந்துள்ளது. அது மரப்பட்டையைப்போன்று விறைப்பாயுள்ளதன்று. உடலை இறுக்கிக்கொண்டும் இருக்காது;

மேற்றோல்

சற்று தளர்ந்தவாறேயுள்ளது. தோலின் மடிப்புக்கள் எற்படலாம். சிலவகைக் கிச்சிலிப்பழங்களின் தோலை அசைப்பதைப்போல, நமது தோலையும் இப்படியும் அப்படியுமாக சற்று அசைக்கலாம். நமது தோலைச் சற்று மடித்துப் பிடித்துக் கொள்ளலாம். தோல் துவளலானது. (பிளெக்ஸிபிளானது **Flexible**) தோலில் முக்கியமான இரு படலங்களுள. வெளிப்புறமாயுள்ளது மீவுரிவை (எபிடர்மிஸ் **Epidermis**) எனப்படுவேது. அதனடியிலுள்ள படலம் மெய்யுரிவை (டர்மிஸ் **Dermis**) எனப்படும். மீவுரிவை (எபிடர்மிஸ்) மெல்லிதானது;



படம் 112

சோலமைப்பு

சற்று சொரசொரப்பானது. அதில் இரத்தப் புரைகளாவது நரம்பு நார்முடிவுகளாவது இல்லை. அது தன் கீழுள்ள மெய்யுரிவையின் (டர்மிஸின்) கவசமே. மெய்யுரிவையில் (டர்மிஸில்) இரத்தப்புரைகளும் நரம்புநார்களும் உள்ளன. தோல்முழுவதிலும் பல இடுக்குகள் (போர்கள் **Pores**) உள்ளன. உள்ளங்கையில்

அவை சதுர அங்குலத்திற்கு மூவாயிரம் என்றுள்ளன. உடல் முழுவதிலும் இரண்டரை லக்ஷம் இடுக்குகள் இருக்கலாம். அவற்றின் வழியே வியர்வை வெளிப்படும். வியர்வைக் கிரந்திகளைப்பற்றியும், வியர்வை ஆவியாதலை யொட்டி நமது உடலின் வெப்பநிலை எவ்வாறு சீராய் வைத்துக்கொள்ளப்படு கின்றது என்பதைப்பற்றியும் முன்னரே கூறியுள்ளோம். மெய்யுரிவையின் ஸெல்களில் ஒரு வகை நிறச்சாந்து உள்ளது. அது 'வண்ணச் சச்சை' (பிக்மண்டு Pigment) எனப்படும். அது, சிலரில் அதிகமாயும் சிலரில் குறை வாகவும் இருக்கும். மிகச்சிலரில் அது இருக்கவே இருக்காது. அவர்கள் பாண்டு நோயால் (ஆல்பினிஸம்-Albinism) பீடிக்கப்படுகின்றனர். வண்ணச் சச்சை அதிகமாயுள்ளவர், கருத்த மேனியர். வண்ணச்சச்சையினளவு குறையக் குறைய முறையே கருமை குறையும். அதுவுள்ள வளவைப் பொறுத்தவாறு, கருமை - கருவல் - மா நிறம் - சிவப்பு - இளஞ்சிவப்பு - எலுமிச்சம்பழ நிறம் - பொன்னிறம் - வெண்மை என்ற பல சாயல்களினராய் மக்கள் உள்ளனர். தோலின்மீது அதிகமாய் வெயில் பட்டால், வண்ணச்சச்சை அதிகமாய் உண்டாக்கப்படும். ஆதலின் அதிகமாய் வெயிலில் அடிபடுகின்றவரின் உடல் கருக்கும். தோலில் எங்கேயாவது ஆழமான சுட்டுப்புண் எற்பட்டால், அப்பகுதியில் வண்ணச்சச்சை முற்றும் அழிவுறும். புண்ணுறிய பின்னரும் அவ்விடம் வெண்மையாகவேயிருக்கும். நீக்ரோக்களிலும்கூட சுட்டு வடு வெண்மையாகவே யிருக்கும். நமது நகங்கள் மீவுரிவை (எபிடர் மிஸ்) கெட்டிப்பட்டதாலானவை. ஆயினும் நகக்கண்கள் மெய்யுரிவையில் (டர்மிஸில்) பதிந்துள்ளவை. ஆதலின் அவை மெய்யுரிவையால் (டர்மிஸால்) ஊட்டப்பட்டு வளருந்தன்மையானவை.

மெய்யுரிவையின் (டர்மிஸின்) படலங்களது ஸெல்களிடை குறுக்கும் நெடுக்குமாய், கிளைபிரிந்தும், வளைந்து வளைந்து செல்வனவும் ஆன நரம்பு நார்கள் உள்ளன. அவற்றில் ஒருவகையினவை 'நோகுதல்' என்ற உணர்ச்சிக் கானவை. அவை தோலில் மிகவும் அடர்த்தியாய் உள்ளன. எனவே மெல்லிய ஊசிமுனையால் குத்தினல், வலியுண்டாகின்றது. ஆயினும் நோகாதவாறு, அதாவது நோகு நரம்புகள் இல்லாத இடத்தில், ஊசியைக் குத்த இயலும். நோகு நரம்புநார்கள் அடர்த்தியாயுள்ளனவேயன்றி, தோலின் பரப்பு முழுவதும் அவையுள்ளவையன்று. கண்ணிமைகளின் உட்பக்கத்தில் நோகு நரம்பு நார்களைத் தவிர மற்ற எவ்வகையான 'ஊறு' நரம்பு நார்களும் இல. ஆங்கு சாதாரணமாக தொடுபடல் என்ற உணர்ச்சியிருக்காது. சற்று தொடப்பட்டாலும் வலிக்கும் உணர்ச்சியே யேற்படும். உடலிலுள்ள மெம்ப்ரேன்களில் பல நோகுணர்ச்சி தரும் நரம்பு நார்களைக்கொண்டவை. ஆயினும் திடமான பல உறுப்புக்கள் அவ்வகை நரம்பு நார்களைக் கொண்டவையன்று. எனவே, அவ்வுறுப்புக்களை அறுத்தால்கூட வலிக்காது. நமது கல்லீரலையும், மூளையில்

பெரும்பகுதியையும் வலிதோன்றாது, அறுத்து எடுத்துவிடலாம், திடமான உறுப்புக்களில் கோளாறுகள் ஏற்படுவதை யொட்டி நாமுணரும் வலி, அவ்வுறுப்புக்களைப் போர்த்துள்ள மெம்ப்ரேன்களின் வழியேயும், அவ்வுறுப்புக்களுக்கான நரம்புகளுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ள வலியுணரும் நரம்புகளின் வழியேயும் ஏற்படுவது. வயிற்றுவலியை யொட்டி தோள் வலிக்கலாம். இருதய நோயை யொட்டி இடதுகை வலிக்கலாம். இலேசாய்த் தொடுபடல் என்ற உணர்ச்சிக்குக் காரணமான நரம்புறுப்புக்கள், பிரத்தியேகமானவை. அவற்றின் நரம்புநார்கள் சிறு குமிழிகளைச் சூழ்ந்துள்ள சுருள்களாலானவாறு முடிகின்றன. அந்நரம்புறுப்புக்கள் மெயிஸனர் கார்புஸல்கள் (**Meissner's Corpuscles**) எனப்படுகின்றன. மயிர், தான் உணர்வற்றதாயினும், மிகவும் நயமான தொட்டுணுர்ச்சிக்கான வகையில் பயன்படுகின்றது. மயிர்கள் தோலில் ஊன்றப்பட்டுள்ள இடங்களை, அதாவது மயிர்க்கண்களைச் சூழ்ந்தவாறு, நரம்புநார் முடிவுகள் அடர்ந்துள்ளன. அவை மிகச் சொற்பமான அசைவையும் உணரக்கூடியவை. மயிர்க்கூச்செடுத்தல் இவற்றையொட்டியே.

நமது மேற்றோலின் பகுதிகள் ஒவ்வொன்றும், முறையே, தொட்டுணர்வு சூட்டுணர்ச்சி - குளிருணர்ச்சி - என்ற மூவகை உணர்ச்சிகளையும் கொண்டவை, என பலர் நினைக்கலாம். ஆனால் அப்படியில்லை. மிக மெல்லிய மயிரிழையைத் தடவி ஆராய்ந்தால், தொட்டுணர்ச்சியில்லாத தோலின் பகுதிகள் பலவுள்ளன

தொட்டுணர்ச்சியும் சூட்டுணர்ச்சியும் குளிருணர்ச்சியும்

என அறியலாம். சற்று சூடான நுனியுடனுள்ள கம்பியால் ஆராய்ந்தால், தொட்டுணர்ச்சியற்ற பகுதிகளில் சில சூட்டுணர்ச்சியுடன் உள்ளன, என அறியலாம்; சற்று குளிர்ந்த நுனியைக்கொண்ட கம்பியால் ஆராய்ந்து, சில பகுதிகள் குளிர்மை யுணர்பவை, என அறியலாம். சூட்டுணர்ச்சி உறுப்புக்களையும் தட்பவுணர்ச்சி உறுப்புக்களையும் பற்றி ஒன்றும் திட்டமாய் அறியப்படவில்லை. ஆயினும் வெப்ப நிலையளவை உணரும் உறுப்புக்கள் நமது உடலில் இல. உடலின் வெப்ப நிலையைவிட அதிகமானதை சூடெனவுணரும் உறுப்புக்களும் உடலின் வெப்ப நிலையைவிடக் குறைந்துள்ளதைத் தட்பமெனவுணரும் உறுப்புக்களும் உள்ளன. நமது உடலை யொட்டியவரை, சூடு, தட்பம் என்றவை இரண்டு தனிவகைத் தன்மைகளாம்.

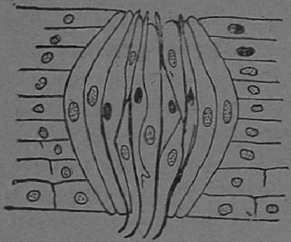
அமுக்கத்தை உணர்கின்ற உறுப்புக்கள் பாஷினியின் (**Pacinian**) கார்புஸல்கள் எனப்பட்டவை. அவை வெண்காய வடிவினவை, கார்புஸலின் நடுவில் நரம்புநார் ஒன்று இருக்கும். அவ்வகைக் கார்புஸல்கள், தோலிலும்,

அமுக்கவுணர்ச்சி

மூட்டுகளிலுமுள்ள மெம்ப்ரேன்களிலும், இன்னும் பல இடங்களிலும் உள்ளன. அவை அமுக்க முணரும் தன்மையினவையாதலின், நாம் மூட்டு களிலும் அமுக்கத்தை உணர்கிறோம். எனவே தசைகள் இழுபடும் வலிமையை

உணர்கிறோம். அவயவங்கள் அவ்வப்போதுள்ள நிலைமையைப் பொறுத்தவாறு மூட்டுகளில் அழுக்கம் எற்படும். அவ்வழுக்க வேறுபாடுகளை உணர்தலை யொட்டி அவயவங்களின் நிலைமை உணரப்படும். தசைகளில் நரம்பு முடிவுகள் உள்ளன. அவை, தசை, நார்களுக்கேற்றவாறு கிளை பிரிந்துள்ளவை. டெண் டன்கள் (**Tendons**) என்ற தசைச்சிரைகளிலும், அவ்வாறே நரம்பு முடிவுகள் உண்டு. அவற்றைக்கொண்டு, நமது தசைகள் சுருங்கியுள்ளனவா, அன்றி, சாதாரண நிலைமையிலுள்ளனவா என்பதையும், அவை தளர்ந்தவாறுள்ளனவா அன்றி பிகுவாய் உள்ளனவா, என்பதையும், உணர்கிறோம். மிகவும் நாசுக்கான பணிகளைச் செய்யும் உறுப்புக்களில், மேற்கூறியவாறுன நரம்புநார் முடிவுகள் அதிகமாய் உள்ளன. கண்ணிலும், நாக்கிலும் கைகளிலும் முறையே, அவற்றின் தொகைகள் அதிகமாயுள்ளன. தொட்டுணர்தலும், அதன் உடன்பாடான உணர்ச்சிகளும் மிகவும் நயமானவை. சட்டைப்பையில் கையைவிட்டு, விரல் களாலேயே உணர்ந்து, அரை ரூபாய்க்கும் காலணுவுக்குமான பேதத்தை உணர்கிறோம். முறையே அந்நாணயங்களின் மேற்பரப்பின் தன்மை (மிருது, கடினம், சொரசொரப்பு, மழமழப்பு - முதலானவை) நிறை, வடிவம், முதலான வற்றைக்கொண்டு அவ்வேற்றுமையை உணர்கிறோம். குருடர்கள் தொட் டுணர்ந்தே பிரெய்லி (**Braille**) யென்ற எழுத்துக்களால் அமைக்கப்பட்ட புத்தகங்களைப் படிக்க முடிகின்றது.

ருசியுணர்தல், என்பது, நாக்கின் நுனியிலுள்ள சுவையரும்புகள் (**Taste buds**) என்ற நரம்பு முடிவுகளின் காரணமான உணர்ச்சி. அவ்வுணர்ச்சி



படம் 113
நாக்கிலுள்ள சுவையரும்புகள்

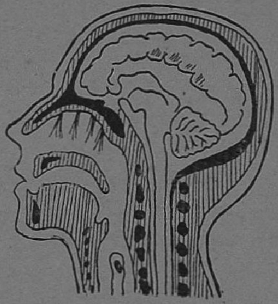
ரஸாயனீயமானது. சுவை அறுவகையானது எனக்கூறப்படுகின்றது. ஆயினும் அவற்றில் கசப்பும் காரமும் ஒரே ரகமானவை எனவும், புளிப்பும் துவர்ப்பும் ஒரே ரகமானவை எனவும் கருதலாம். எனவே தித்திப்பு. காரம், புளிப்பு, உப்பு என்ற நால்வகைச் சுவைகளேயுண்டு எனக்கொள்ளலாம். சுவைகள் என எண்ணப்படும் மற்றபல, அவற்றின் மணங்கமழும் தன்மைகளை யொட்டியே

சுவைகளென எண்ணப்படுபவை. வெண்காய சாம்பாரின் சுவை, அதன் மணத்தைப் பொருத்ததே. நமது உணவின் சுவை, அதன் மணத்தையொட்டியே அநேகமாய் உள்ளதால்தான் சளிபிடித்து மூக்கடைத்துக்கொண்டுள்ளபோது, உணவு ருசியே யில்லாததைப்போல் தோன்றுகின்றது. எப்பொருளின் சுவையையும் நாக்கு உணர்வதற்குமுன், அது சற்றுக் கரையமானதாயிருக்கவேண்டும். நமக்கு நலமான உணவு எவ்வகையானது என்பதை உணர்த்துவது, நம் சுவை. நமது உடலின் காரியங்கள் நடைபெறுவதற்கும் நாம் வேலை செய்வதற்கும் இன்றியமையாதவை, சர்க்கரைப் பொருள்கள் எனக்கூறியுள்ளோம். சர்க்கரைகள் தித்திப்பானவை. ஆல்கலைன் பொருள்களும் ஆவிட் பொருள்களும், உப்புப் பொருள்களும் உடலுக்கும் இரத்தத்திற்கும் அவசியமானவை. புரோட்டீன்களும் கொழுப்புக்களும் ஒருவகை ஆவிட்களே எனக்கூறியுள்ளோம். சிறு குடலில் ஜீரணம் நடைபெறுவதற்கு ஆல்கலைன் பொருள்கள் வேண்டியுள்ளன. இரத்தம் சீராயிருக்க அதில் ஓரளவு உப்பிருக்கவேண்டும். ஆகவே, நாம் அறுசுவையுண்டி அருந்துதல் அவசியம். அதை நமது சுவையுணர்ச்சி புலப்படுத்துகின்றது. எவ்வகை வாசனையுமில்லாத விஷப்பொருள்கள் பலவுள. அவற்றை நாம் உட்கொள்ளாதவாறு எச்சரிக்கை செய்வது நமது சுவையுணரும் புலனே.

சு வை

நமது மோப்பத்திறன் மற்ற பல பிராணிகளினதைவிடக் குறைந்ததே என்பதை எல்லோரும் அறிவர். நாயின் மோப்ப சக்தியைப் பற்றி எல்லோருக்கும் தெரியும். ஆயினும் நமது மோப்ப உணர்ச்சியும் நயமானதுதான். ஒரு சிறு கஸ்தூரி மாத்திரையின் மணம் பெரும் அறையொன்று முழுவதும் வீசுகின்றது. கஸ்தூரிப் பொருள் சின்னஞ்சிறு தூள்களானவாறு அறையி

மோப்பம்



படம் 114

மூக்குப்பகுதியமைப்பு

லுள்ள காற்றில் விரவுவதினலேயே அறையெங்கும் கஸ்தூரி மணங்கமழ்

கின்றது. அப்பொழுது அவ்வறையிலுள்ள காற்றில் ஒரு கனஸெண்டிமீடரில், லக்ஷக்கோடியிலொரு பங்கு கிராம் வீதம் கஸ்தூரிபொருள் விரவியிருக்கலாம். அவ்வளவு சொற்பமானதை ரஸாயனப் பரிசோதனை முறையையொட்டிக் கண்டுபிடிக்க முடியாது. அதாவது அவ்வறையிலுள்ள காற்றில் ஒரு பகுதியை ரஸாயனீயமாய்ப் பரிசோதனை செய்தால், அக்காற்றில் கஸ்தூரிப் பொருள் இருப்பதாகவே அறியப்படாது. ரஸாயனப் பரிசோதனை முறையையொட்டிய நாசுக்கு அவ்வளவுக்கெட்டவில்லை. ஆயினும் அச்சிறு பகுதியிலும் ஏராளமான கஸ்தூரி மூலத்துகள்கள் உள்ளன. அவை யுள்ளனவென்பதை நமது மூக்கின் வாயிலாய் நாம் உணர்கிறோம். மூக்குத் துவாரத்தின் மேல் வாட்டத்தமைந்த எலும்புகளிடையுள்ள இடுக்குகளினூடே, மூளையிலிருந்து நரம்பு நார்கள்

படம் 115
முகர் நரம்புகள்

வருகின்றன. அவற்றினது நரம்பு ஸெல்களின் மற்ற வாட்டத்து நுனிகளே மோப்பமுணரும் நரம்பு முடிவுகள்.

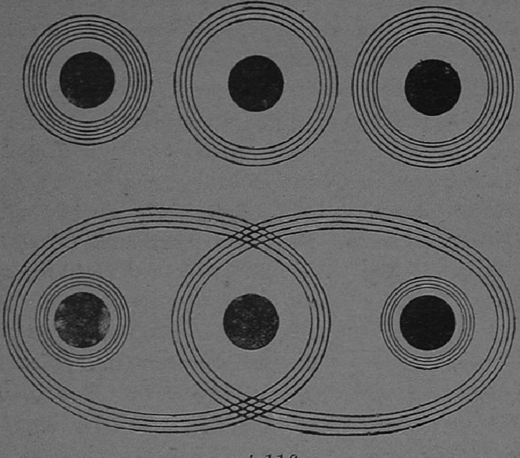
ஊறுணர்ச்சியைக் கொண்டு பொருள்களின் தன்மைகளை நாம் அறிகிறோம். எதாவதொரு பொருள் திடமானதா, திரவமானதா, அன்றி வாயுவானதா, என உணரலாம்; அது கடினமானதா, அன்றி மிருதுவானதா, என அறியலாம். அவ்வாறே பல தன்மைகளைப் பற்றி அறியலாம். இவ்வாறு பல பொருள்கள் பலவாறான தன்மைகளுடனுள்ளன என அறிகிறோம். ஆயினும் எல்லாப் பொருள்களும் அணுக்கள் - மூலத்துகள்கள் என்றவற்றினாலேயே ஆனவை என முன்பு கூறியுள்ளோம், அணுக்களும் மூலத்துகள்களும் பொருந்தும் பல்வேறான முறைகளையொட்டியே பல தன்மைகளைக்கொண்ட பல பொருள்கள் அமைக்கப்படுகின்றன. மூலத்துகள்களின் பொருந்தல்முறையையொட்டி ஒரு பொருள் வாயுநிலைமையிலுள்ளது. திரவப் பொருளொன்றிலுள்ள மூலத்துகள்கள் மற்றொரு முறையை யொட்டி அதில் பொருந்தியுள்ளன. திடப்பொருள்களில் அவற்றின் பொருந்தலணி வேறு வகையிலிருக்கும். அவற்றைப்பற்றிக் கூறும்முன் அடிப்பண்ட அணுக்கள், முறையே, ஐக்கியமாகி தரள மூலத்துகள்களாயாகும் நிலைக் கவனிக்கலாம்.

பொருள்களின் தன்மைகளும் அணுக்களும் மூலத்துகள்களும்

எல்லா அணுக்களும் முறையே,புரோட்டான்களாலும் எலக்ட்ரான்களாலும் தக்கவாறு பொருந்தலானவை. என முன்பே கூறியுள்ளோம். தொண்ணூற்றிரண்டு அடிப்பண்டங்கள் உள்ளன எனவும் கூறியுள்ளோம். ஓரடிப்பண்டவணு மற்றொன்றினதினின்று வேற்றுமையாயிருத்தற்கான காரணம், அவற்றில், முறையேயுள்ள புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கையும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும், முறையே வேற்றுமையாயிருத்தல், என்பதே. அதாவது ஒவ்வொரு அடிப்பண்டத்து அணுவும், முறையே அதற்கென்றுன புரோட்டான்களின் தொகையுடனும் எலக்ட்ரான்கள் தொகையுடனும் உள்ளது. ஹைட்ரஜன் அணுவின் நியூக்ளியஸில் ஒரு புரோட்டான் உள்ளது; அதை வட்டமிட்டுக்கொண்டு ஒரு எலக்ட்ரான் உள்ளது. யூரேனியம் அணுவின் நியூக்ளியஸில் தொண்ணூற்றிரண்டு புரோட்டான்களும், அதை வட்டமிட்டுக்கொண்டு தொண்ணூற்றிரண்டு எலக்ட்ரான்களும் உள்ளன. மற்ற அடிப்பண்ட அணுக்கள் முறையே, ஒன்றுக்கும் தொண்ணூற்றிரண்டுக்கும் இடைப்பட்ட எண்ணினவான புரோட்டான்களையும் எலெக்ட்ரான்களையும் கொண்டவை. இவ்வாறுள்ளமையின் முறையே, அதனதன் அணுவிலுள்ள எலக்ட்ரான்களின் தொகையையொட்டி, அடிப்பண்டங்களை வரிசையாய் அமைக்கலாம். அவ்வாறு அமைத்தால், அவ்வரிசையில், ஒவ்வொரு அடிப்பண்டமும், முறையே, அதற்கான எண்ணுடனிருக்கும். அதுவே அணுவெண் (**Atomic Number**) எனப்படும். அவற்றை நாம் முன் காட்டியுள்ள நிகரிடைப்பட்டொத்தல் முறையையொட்டிய கோட்டுக்கட்டத்தில் குறித்துள்ளோம். ஒரு அணுவிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் எல்லாம், நியூக்ளியஸிலிருந்து ஒரே தூரத்தில் ஒரே தொகுதியானவாறு வட்டமிடுவனவல. பலவனவான தூரங்களில் பல தொகுதிகளாய் வட்டமிடுகின்றன. ஒரு தொகுதியில் எட்டு எலக்ட்ரான்களுக்குமேல் இருப்பதில்லை. எட்டுக்குக் குறைந்த எண்ணினவான தொகுதிகள் இருக்கலாம். எட்டுமுள்ள தொகுதிகள் அணுவில் உறுதியாயுள்ளவை. முழுத்தொகுதிகளாயில்லாத எலக்ட்ரான்கள் உறுதியாயுள்ளவையன்று. இவ்வகையினவான எலக்ட்ரான்கள் தக்கவாறு பரிவர்த்தனமானதையொட்டியே ஓரணு மற்றொன்றுடன் இணைகின்றது. அவ்வாறு இணைகின்ற அணுக்கள் ஒரே அடிப்பண்டத்தினவையாய் இருக்கலாம்; அன்றி வெவ்வேறு அடிப்பண்ட அணுக்களாயும் இருக்கலாம். எனவே ரஸாயன ஐக்கியத்திற்கு அவ்வாறு முழுத்தொகுதிகளில் இல்லாது தொக்காயுள்ள எலக்ட்ரான்களே முக்கியமானவை. ஸோடிய அணுவொன்றும் குளோரின் அணுவொன்றும் ரஸாயனீயமாய் ஐக்கியமாகி ஸோடியம் குளோரைட் மூலத்துகளாய் ஆகும் முறையைக் கவனிப்போம். குளோரின் வாயுவில் ஸோடியத் துண்டொன்றைப் போட்டு சூடேற்றினல் ஸோடியம் குளோரைட் உண்டாக்கப்படுகின்றது. ஸோடியம் குளோரினில் எரிகின்றது. ஸோடிய அணுவில்,

ரஸாயன ஐக்கியமும் எலக்ட்ரான்களும்

தொகுதியில் சேராத எலக்ட்ரான் ஒன்று உள்ளது. குளோரின் அணுவில் தொகுதியிலில்லாவான ஏழு எலக்ட்ரான்கள் உள்ளன. ஸோடியத்தின் தொக்கான எலக்ட்ரான் குளோரின் அணுவுடன் சேர்கின்றது. குளோரினின் ஏழுடன் சேர்ந்து எட்டு என்ற முழுத்தொகுதி ஏற்படுகின்றது. இது மிகவும் உறுதியாயுள்ளது. ஒரு எலக்ட்ரானை இழந்த ஸோடிய அணு இடமின் அயானுய் ஆகின்றது. ஒரு எலக்ட்ரான் அதிகமான குளோரின் அணு மறுமின் அயானுய் ஆகின்றது. இடமின் அயானும் மறுமின் அயானும் ஒன்றினொன்று வலிவுடன் கவர்ச்சியுற்றுப் பிணைகின்றன. ஸோடியம் குளோரைட் என்ற உறுதியான தரளம் பயத்தப்படுகின்றது. மற்றொரு வகையான தொக்கு எலக்ட்ரான்களை யொட்டிய பந்தன முறையைப்பற்றிக் கூறலாம். இம்முறையை யொட்டி தொக்கு எலக்ட்ரான்கள் பகிர்ந்துகொள்ளப்படுகின்றன. கார்பன் அணு ஒன்றில், தொகுதியில் இல்லாத நான்கு எலக்ட்ரான்கள் உள்ளன. ஆக்ஸிஜன் அணுவில் அவ்வாறானவை ஆறு உள்ளன. கார்பன்



படம் 116

கரிய ஈருயிரி (Carbon dioxide) மூலக்துகள் அமைப்பு

மேலே: நடுவிலுள்ளது கரிய (Carbon) அணு.

ஓரங்களிலுள்ளவை: உயிரிய (Oxygen) அணுக்கள்

கீழே: ஐக்கியமான கரிய ஈருயிரி (Carbon dioxide) மூலக்துகள்.

அணு, இரண்டு ஆக்ஸிஜன் அணுக்களில் ஒவ்வொன்றுக்கும் இரண்டு எலக்ட்ரான்களாய் தனது நான்கு எலக்ட்ரான்களைப் பகிர்ந்து அளிக்கின்றது. ஆக்ஸிஜன் அணுக்கள் ஒவ்வொன்றும் அவற்றிற்குப் பதிலாய் தம்தம் ஆறு

எலக்ட்ரான்களை முறையே அளிக்கின்றன. எனவே ஒவ்வொரு ஆக்ஸிஜன் அணுவுக்கும் கார்பன் அணுவுக்கும் பொதுவான எட்டெட்டு எலக்ட்ரான்கள் உள்ளன. அவை முழுத்தொகுதியானவை. ஆகவே ஒரு கார்பன் அணுவும் இரண்டு ஆக்ஸிஜன் அணுக்களும் ஐக்கியமான கார்பன்டைஆக்ஸைட் என்ற பிணிப்புறுதியான தாளம் அமைக்கப்படுகின்றது.

இனி, திட - திரவ - வாயுப் பொருள்களின் மூலத்துகள்கள் முறையே அமையும் விதங்களைக் கவனிக்கலாம். வாயுப்பொருளொன்று அதுவுள்ள இடம் முழுவதிலும் வியாபித்திருக்கும் என அறிவோம். அதன் மூலத்துகள்கள் அவ்விடம் முழுவதிலும் பரவியுள்ளவை. அவை ஒவ்வொன்றும், அதனதற்கென்றுள்ள இடங்களில் நிலைத்திருப்பனவாயில. ஒவ்வொரு மூலத்துகளும் மேலுங்கீழுமாயும், முன்னும் பின்னுமாகவும் இன்னும் பலவான வாட்டங்களிலும், முறையே அலைந்துகொண்டிருக்கும். அம்மூலத்துகள்கள் அவ்வாறு அலைந்துகொண்டுள்ளபோது, அதிவேகமாய் ஓடிக்கொண்டுள்ளன. எல்லா மூலத்துகள்களும் ஒரேயளவான வேகத்துடன் ஓடுவனவல்ல; ஒரு மூலத்துகள் எப்போதும் ஒரேயளவான வேகத்துடன் ஓடிக்கொண்டிருப்பதில்லை. எனவே, அவற்றின் வேகங்கள், முறையே மாறிக்கொண்டுள்ளன. ஆயினும் ஓரளவான வெப்ப நிலையில், ஓரளவு நிறையான வாயுவொன்று ஓரளவுப் பருமனான இடத்தில் வைக்கப்பட்டால், அதன் மூலத்துகள்களின் சராசரி வேகம் மாறாது இருக்கும். பனிக்கட்டியுருகும் வெப்பநிலை என்ற 0°Cஇல், 22·4 லிட்டர்கள் பருமனான இடத்தில், இரண்டு கிராம்கள் நிறையான ஹைட்ரஜன் வாயுவிருந்தால், அதன் மூலத்துகள்களின் சராசரி வேகம், ஸெகண்டிற்கு ஒரு மைலாயிருக்கும். அதே நிலைமையில், ஆக்ஸிஜன் மூலத்துகள்களின் சராசரி வேகம், ஸெகண்டிற்கு அரை பர்லாங்காயிருக்கும். ஓரிடத்தில் அடைக்கப்பட்டுள்ள மூலத்துகள் விரைவாய் ஓடும்போது, ஒவ்வொன்றும் செல்லும் திக்கு, முறையே அடிக்கடி மாறிக்கொண்டிருக்கும். மூலத்துகள் ஒன்று கடும் வேகத்துடன் ஒரு திக்கில் சென்றுகொண்டிருக்கும். அது செல்லும் பாதையில் மற்றொரு மூலத்துகள் குறுக்கிடும். இரண்டும் ஒன்றையொன்று மோதிக் கொள்கின்றன. மோதிக்கொண்ட அதைப்பினால், அவை வேறு திக்குகளை நோக்கி ஓடுகின்றன. அவ்வாறே, எல்லா மூலத்துகள்களுக்கும் நேரிடும். ஒவ்வொரு மூலத்துகளும் இவ்வாறு பல தடவைகள் மோதலுற்று, மோதலால் மாறுபட்ட திக்குகளில் செல்லலாகும். ஒரு ஸெகண்டிற்குள், மூலத்துகள் ஒன்று மற்ற மூலத்துகள்களுடன் எண்ணூறு கோடி தடவைகள் மோதி, அதைவுற்று, திக்கு மாறிமாறிச் செல்லும். சாதாரணமாய், மூலத்துகள்கள் ஒன்றுடனொன்று மோதிக்கொள்வதால், அவற்றில் பழுதொன்றும் ஏற்படுவதில்லை. அவை சலனமின்றி இருந்தால், இரு மூலத்துகள்களினிடைத்தூரம்,

மூலத்துகள் ஒன்றின் குறுக்களவைவிடப் பத்து மடங்கு அதிகமாயிருக்கும். ஒரு கன அங்குல நீர் ஆவியாய் ஆனால், ஒரு கன அடிப் பருமனாய் ஆகின்றது. எனவே அது நீராயுள்ளபோதானதைவிட 1700 மடங்கு பெரிதான இடத்தில் பரவுகின்றது. இதனின்று, வாயுவொன்றின் மூலத்துகளின் மத்தியில் இடைவெளிகள் அதிகமாயுள்ளன, என, அறியலாம். வாயுவின் மூலத்துகள்கள் வேகமாய்ச்சென்றுகொண்டுள்ளபோது, அவையுள்ள பாத்திரத்தின் தடைப்புக் களையெல்லாம் மோதுகின்றன. இவ்வாறு ஏராளமான மூலத்துகள்களின் மோதலையொட்டி பயத்தப்படும் வலிமையே, அவ்வாயுவின் அமுக்கத்திற்குக் காரணமானது.

திரவப் பொருளில், மூலத்துகளின் மத்தியிலுள்ள இடைவெளிகள் அதிக வளவாயிருப்பவை அன்று. நீர் மூலத்துகள்கள் இரண்டின் இடையுள்ள தூரம், மூலத்துகளின் குறுக்களவுக்கு நிகரானது. மூலத்துகள்கள் வேகமாய் ஓடிக் கொண்டும் மோதிக்கொண்டும் இருப்பவையே. ஆயினும் ஒன்றுடனொன்று மோதிக்கொள்ளாது அவை செல்லக்கூடிய தூரம் மிகச் சிறிதளவானது. அவை ஒன்றுடனொன்று இடித்துத் தள்ளிக்கொண்டு குலுங்குகின்றவை, எனலாம்.

திரவங்கள்

20 அடி நீளம், 20 அடி அகலம், 20 அடி உயரமான அறையொன்றில், ஐம்பது ரப்பர் பந்துகள், பலவாட்டங்களிலும் அதிவேகமாய்ப் பறந்துகொண்டிருத்த லானதைப்போல், வாயுவொன்றின் தோற்றம் (பல் கோடி மடங்கு உருப் பெருக்கமானல்) இருக்கும். அதே அறையில் ஐந்து லக்ஷம் ரப்பர் பந்துகள் ஒன்றையொன்று பலமாய் இடித்துத் தள்ளித் துள்ளிக்கொண்டிருத்தலான தைப்போல் திரவமொன்றின் தோற்றம் (பல் கோடி மடங்கு உருப் பெருக்க மானல்) இருக்கும். வாயு மூலத்துகள்களிடை அதிகக் கவர்ச்சியில்லை. எனவே, அவை நெருங்கி அணுகிக் கூடாமல், அலைந்துகொண்டுள்ளன. திரவ மூலத்துகள்களிடை கவர்ச்சி அதிகமாயுள்ளது. அவை அதிக தூரம் பிரிந்து செல்லாது துள்ளிக்கொண்டுள்ளன. திரவமொன்றைச் சூடாக்கினல், அதன் மூலத்துகள்களின் வேகம் அதிகமாகின்றது. அவற்றிடைக் கவர்ச்சி குறை கின்றது. மேலும் மேலும் சூடு அதிகரித்தால், வேகம் வர வர அதிகப்பட்டு, இறுதியில் அவை வாயு மூலத்துகள்களின் தன்மையினவாய் ஆகின்றன. அதாவது திரவம் கொதித்து, வாயுவாய் ஆகின்றது. ஜலம் என்ற ஒரு பொருள் நீர் என்று திரவ நிலைமையிலும், நீராவி என்று வாயு நிலைமையிலும் இருக்கலாம், என, நாம் அறிவோம். அவ்விரு நிலைமைகளில், அது முறையேயுள்ளபோது அதன் மூலத்துகள்களின் தொடர்புத் தன்மைகள், மேற் கூறப்பட்டவாறு வேறுபட்டவை. வாயுக்களும் திரவங்களும் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத் திற்குப் பாசனமாகும் இயலினவை. ஏனென்றால், அவற்றின் மூலத்துகள்கள் அசையாதுள்ளவை அன்று. ஒரு மூலத்துகள் செல்லக் கூடிய இடுக்குவழி

யிருந்தாலும், அதனூடே எல்லா மூலத்துகள்களும் செல்லலாம். அவ்வாறான இடுக்கு மிக நுணுக்கமானது, என நாம் அறிவோம்.

திடப்பொருள்கள்

திடப் பொருள்களின் மூலத்துகள்கள் முறையே, அவற்றிற்கென்றான இடங்களில் நிலையாய் அமைந்துள்ளவை. மூலத்துகள் ஒன்றினுள்ள அணுக்கள் அவற்றிற்கான இடங்களில், முறையே, அமைந்தவை. ஆயினும் அவ்விடங்களில் அவை, அமைதியாய் இருப்பவை அன்று. ஒன்றுடனொன்று மோதிக்கொள்ளாதபடி, அவையுள்ள இடங்களின் பல வாட்டங்களிலும், முறையே துடித்துக்கொண்டுள்ளன. ஒரு அறையில், ரப்பர் பந்துகள் அடர்த்தியாய் அடுக்கப்பட்டுள்ளன எனவும், ஒவ்வொரு பந்தினுள்ளும் சில கோலிக் குண்டுகள் உள்ளன வெனவும் கற்பனை செய்வோம். அக் கோலிக்குண்டுகள் ஒவ்வொன்றும் பல வாட்டங்களிலும் ஊசலாடிக்கொண்டுள்ளன எனவும் கற்பனை செய்வோம். திடப்பொருளின் தோற்றம் (பல் கோடி மடங்கு உருப்பெருக்கமானபோது) மேற்கூறியவாறிருக்கும். அணுக்கள் கோலிக் குண்டுகளைப்போலவும், மூலத்துகள்கள் பந்துகளைப்போலவும் அமைந்தவை. இவ்வாறான திடப்பொருளொன்றைச் சூடாக்கினால் மூலத்துகள்கள் அசையத் தொடங்குகின்றன. மேலும் மேலும் சூடானபோது, அவை, தாமுள்ள இடங்களை விட்டு வேகமாய்ப் பல வாட்டங்களிலும் ஓடுகின்றன. அமைதியான நிலைமை மாறி, மூலத்துகள்கள் துள்ளும் நிலைமையேற்படுகின்றது. திடப்பொருள் திரவமாகின்றது. அதாவது திடப்பொருள் உருகுகின்றது.

கிராதியடை அணியீடு (லாடிஸ் அர்ரேன்ஜ்மெண்டு)

ஆகவே, மூலத்துகள்கள் நிலையாய்ப் பொருந்தியும், அவற்றிலுள்ள அணுக்கள் அவற்றிற்கான இடங்களுக்குள் துடிதுடித்துக்கொண்டும் உள்ள நிலைமையான பொருள், திடப்பொருள். சட்டங்களைக் கிராதிகளாய் அமைத்து இடையிலுள்ள துவாரங்களில் சிறு வஸ்துக்கள் ஊசலாடிக்கொண்டுள்ள தோற்றத்துடன் (பல் கோடி மடங்கு உருப்பெருக்கமானபோது) திடப் பொருள்களின் மூலத்துகள்கள் அமைந்தவை. இவ்வாறான அமைப்பு வகை, கிராதியடை அணியீடு (லாடிஸ்-**Lattice**) எனப்படுகின்றது. குறித்த வரம்புகளிலுள்ள குதித்துக் கொண்டுள்ள மூலத்துகள்களைக் கொண்டவை, திரவங்கள். வரம்பின்றி அவையுள்ள இடம் முழுவதிலும் அலைந்து கொண்டுள்ளபோது ஏற்படும் நிலைமை, வாயு நிலைமை. ஆகவே பொருளொன்று திடமாயிருப்பதும், திரவமாயிருப்பதும் அன்றி வாயுவாயிருப்பதும், அதன் மூலத்துகள்களின் அமைத்தொடர்பு நிலைமையைப் பொருத்துள்ளது. ஜலம் என்ற ஒரே பொருள், 'பனிக்கட்டி' என்ற திடமாகவாயினும், நீர் என்ற திரவமாகவாயினும், நீராவி என்ற வாயுவாகவாயினும் இருக்கலாம். பனிக் கட்டி உருகி நீராகின்றது.

நீர் கொதித்து நீராவியாகின்றது. திடப்பொருளைத் திரவமாக்கவும், திரவத்தை ஆவியாக்கவும், அவை, முறையே, சூடேற்றப்படல்வேண்டும். மூலத்துகள் களின் பொருத்து வகையைத் தக்கவாறு மாற்றுவதற்காக, அச்சூடு வேண்டப் படுகின்றது. ஒரு நிலைமையினின்று மற்றொரு நிலைமைக்கு ஒரு பொருளை மாற்றுவதற்கான சூடு, பொதிந்துள் சூடு (லேடண்டு ஹீட்-**Latent Heat**) எனப்படுகிறது.

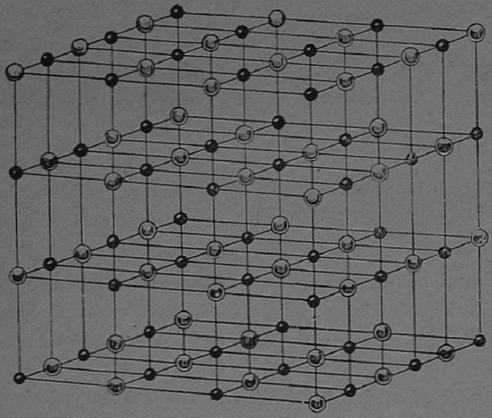
திட்டமான மோஸ்தரில் இருந்துகொண்டு, சிறு இடங்களிலினுள் பல வாட்டங்களில் துடித்துக்கொண்டுள்ள அணுக்கள் பலவற்றை முறையே கொண்ட மூலத்துகள்களால் திடப்பொருளொன்று அமைக்கப்பட்டது என அறிந்துகொண்டோம். அம்மோஸ்தர் திட வஸ்துவொன்றின் முழுவதும் ஒழுங்குறவமைந்ததாய் இருக்கலாம். அவ்வாருனது, படிகமுருவி (கிரிஸ்டல்-**Crystal**) எனப்படும். சாதாரணமாக, மோஸ்தரில் அமைந்துள்ள சில கோடி அணுக்களையே கொண்ட சின்னஞ் சிறு படிகமுருவிகள் பலபட்டரையாய் இணைந்தவாறு திடவஸ்துக்கள், இருப்பன. சிறு எஃகுத்துண்டு ஒன்றை பல்லாயிரம் மடங்கு உருப்பெருக்கம் செய்யும் மைக்ராஸ்கோப் வழியே நோக்கினுல், அத் துண்டில் சிறு சிறு அறைகள் இருப்பதைப் போல் காணப்படும். அவ்வறைகள் ஒவ்வொன்றும் சில கோடானுகோடி எஃகு மூலத்துகள்களாலான படிகமுருவிகள் (கிரிஸ்டல்கள்). நாம் தொட்டுணர்ந்து கையாளும் திடப்பொருள்கள் பல, படிகமுருவிகளேயாம். ஆதலின், பொதுவாய் படிகமுருவிகளின் (கிரிஸ்டல்களின்) இலக்ஷணங்கள் எவையென நாம் அறியவேணடும். திரவப் பொருளொன்று மெதுவாய் திடப்பொருளாய் மாறும் போது, அதன் மூலத்துகள்கள் தக்க மோஸ்தரில் படிவதற்கு பிரமேயம் உள்ளது. அப்போது, கண்ணிற்குப் புலப்படுமளவான படிகமுருவிகள் தோன்றுகின்றன. அவற்றைக் கையாளவும் முடியும். சீனுகாரக் கட்டியொன்றை நன்ருய் இடித்துத் தூளாக்கி, கொதிநீரில் செறிந்தவாறு கரைத்து, அக் கரையம் கொஞ்சம் கொஞ்சமாய் சூடாறும்படி விட்டுவைத்தால், அதிலிருந்து சீனுகாரப் படிகமுருவிகள் ஏற்படலைக் காணலாம். தண்ணீரில் கரைவதைவிட அதிக வளவான சீனுகாரம் கொதிநீரில் கரையும். எனவே, கொதி நீரின் சூடு படிப்படியாய் குறைந்துவரும்போது, கரைந்திருக்க இயலாத சீனுகாரம் தனிப்படுகின்றது. அதன் மூலத்துகள்கள் தக்க மோஸ்தரில் அமைய நேரமுள்ளது. சீனுகாரப் படிகமுருவிகள் உண்டாகின்றன. அப் படிகமுருவிகள் பல அளவினவாய் இருக்கலாம்; ஆனுல் அவற்றின் வடிவம் ஒரேவாருனதாயிருக்கும், மற்றொரு பொருளுக்கான படிகமுருவிகள் வேறு வடிவினவாயிருக்கலாம். வயிரம்-வைடூரியம்-கோமேதகம்-மரகதம், என்றவையும் இன்னும் பலவும் படிகமுருவிகளே. அவற்றின் அழகைக்கண்டு, நாம், இறும்பூது

எய்துகிறோம். படிகமுருவியின் (கிரிஸ்டலின்) முக்கியமான இலக்ஷணம், அதைக் குறிப்பிட்ட சில வாட்டங்களில் சுலபமாய்ப் பிளவுறும்படி செய்யலாம் என்பதே. மற்ற வாட்டங்களில் அவற்றைப் பிளத்தல், கடினம். அவ் வாட்டங்கள், படிகமுருவியில் அணுக்கள் பொருந்தியுள்ள அமைப்பைப் பொருத்தானவை; அவை படிகமுருவிய ஆயங்கள் (கிரிஸ்டலாகிராபிக் ஆக்ஸிஸ்கள்-**Crystallographic axes**) எனப்படுகின்றன. சூடு கடத்தும் தரம் (ஹீட் கண்டக்டிவிடி-**Heat conductivity**), சூட்டாலேற்படும் மிகைவு (தெர்மல் எக்ஸ்பான்ஷன்-**Thermal expansion**), ஒளிக்கோண் வீதம் (ரிப்ராக்டிவ் இண்டக்ஸ்-**Refractive Index**) என்ற தன்மைகளும் இன்னும் பல தன்மைகளும் படிகமுருவிய ஆயங்களின் வாட்டங்களைப் பொருத்தவாறான அளவினவை. திடப்பொருள்களில் பெரும்பாலானவை படிகமுருவிகளாய் நமக்குக் காணப்படுவனவாயில. இரும்பு, பொன், சுண்ணாம்புக்கட்டி முதலானவை படிகமுருவிகள் அல்ல என நாம் சாதாரணமாய் எண்ணுகிறோம். அவற்றிலுள்ள படிகமுருவிகள் அணியாய் இல்லாமல், தாறுமாறாய்க் கிடப்பதினாலேயே அவை படிகமுருவிகளின் தோற்றத்துடன் காணப்படாவாயிருப்பன. கற்கண்டு, பலபெரும் சர்க்கரைப் படிகமுருவிகளைக்கொண்டது. சர்க்கரைக்கட்டி, சிறு சர்க்கரைப் படிகமுருவிகளைக்கொண்டது. ஒன்று கூட்டப்படாமல் உதிர்ந்துள்ள சர்க்கரைப் படிகமுருவிகளே, சாதாரண சர்க்கரை. தித்திப்புப் பண்டங்கள் சிலவற்றின்மீது ஏற்படுகின்ற பாகுகாய்ச்சி உறைந்த சர்க்கரை, நுண் படிகமுருவிகளைக்கொண்டது. குழவுச் சீனியில் சர்க்கரை மூலத்துகள்கள் படிகமுருவிகளாய் அமையாமல் எவ்வாறாகவாயினும் அமைந்துள்ளன.

தரளங்களில் அடிப்பண்ட அணுக்கள் படிகமுருவிகளாய் அமையும் மோஸ்தர்

திடப்பொருளொன்றின்மீது மூலத்துகள்களின் அணுக்கள் அமைகின்ற மோஸ்தர், அணிஅணியாய் இருப்பதால், நாம், படிகமுருவிகளைக் காண்கிறோம், என மேலே கூறினோம். திடப்பொருளொன்று, பல அடிப்பண்டங்கள் ஐக்கியமான தரளமாயிருந்தால் அதன் மூலத்துகள்கள் ஒவ்வொன்றிலும், முறையே, அடிப்பண்டங்களின் அணுக்கள் தக்கவாறு அமைந்திருக்கின்றன. சாதாரண உப்பு, ஸோடியமும் குளோரினும் ஐக்யமான தரளம், எனக் கூறியுள்ளோம். அதன் மூலத்துகள்கள் கனச் சதுர (க்யூபிக்கு-**cubic**) படிகமுருவிகளாய் அமைகின்றவை. கனச் சதுரமொன்றில் எட்டு மூலைகள் உள; மேல் சதுரத்தில் நான்கும் கீழ் சதுரத்தில் நான்கும் உள்ளன. மேல்சதுரத்தின் ஒரு விட்டத்து (டயாகனலின்-**Diagonal**) மூலைகள் இரண்டில் முறையே, ஒவ்வொரு ஸோடியம் அணு உள்ளது. மற்ற விட்டத்து (டயாகனலின்) மூலைகளில், முறையே, ஒவ்வொரு குளோரின் அணு உள்ளது. கீழ்ச் சதுரத்தில் மேல் சதுரத்தில் ஸோடியம் அணுக்களுள்ள மூலைகளுக்குச் சரிகீழான மூலைகளில்

குளோரின் அணுக்களும், குளோரின் அணுக்களுள்ள மூலைகளுக்குச் சரி கீழான மூலைகளில் ஸோடியம் அணுக்களும், முறையே மேல் சதுரத்துள்ள முறையை யொட்டி அமைந்துள்ளன. எனவே, ஸோடியம் குளோரைடு படிக முருவிகள்(கிரிஸ்டல்கள்)கனச்சதுர (க்யூபிக்) கிராதியடைஅணியீடு (லாட்டிஸ்) முறையை யொட்டியவை. அக் கனச் சதுரமொன்றின் நீள வளவு, கோடானு கோடியிலொரு பங்குக்கணக்கான அங்குலமேயிருக்கும். அணுக்கள் அதைவிடப் பல பங்கு குறைந்த அளவானவை. ஒரு கன அங்குல இடத்தில் ஈராயிரக் கோடிக் கோடானு கோடி ஸோடியம் அணுக்களும். அத்தொகையினவேயான குளோரின் அணுக்களும் இருப்பன. கனச் சதுர (க்யூபிக்) உருவமான படிக



படம் 117

ஸோடியம் குளோரைடில் ஸோடிய அணுக்களும்
குளோரின் அணுக்களும் அமையும்அணி.

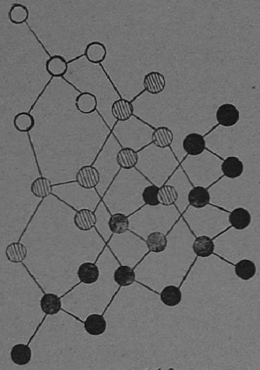
முருவி மூலத்துகள்களைக் கொண்ட பொருள், ஸோடியம் குளோரைடு மட்டு மன்று. வேறு பல அடிப்பண்ட அணுக்கள், முறையே, ஐக்கியமான பொருள் களின் மூலத்துகள்களும், கனச் சதுர படிகமுருவி உருவை, முறையே, கொண்டவையாயிருக்கலாம். கனச் சதுர உருவத்தைத் தவிர, மற்ற பல சந்தங்களான படிகமுருவிகளும் (கிரிஸ்டல்களும்) உள. சாய்வு கனச் சதுரம் (ராம்போஹெட்ரான்-**Rhombohedran**) நாலு தட்டைக் கனயி (டெட்ரா ஹெட்ரான்-**Tetrahedron**) ஆறு தட்டைக் கனயி (ஹெக்ஸாஹெட்ரான்-**Hexahedron**) எட்டு தட்டைக் கனயி (ஆக்டோ ஹெட்ரான்-**Octohedron**) என்றவற்றையும் இன்னும் பல உருவங்களையும் கொண்ட படிகமுருவிகள் இருப்பன. பொருளொன்றினுள்ள அடிப்பண்டங்கள் எவையென்பதையும்,

அடிப்பண்ட அணுக்கள், முறையே, மூலத்துகள்களாய் அமையும் போதான படிகமுருவியின் சந்தத்தையும், அவ்வணுக்களுக்கிடையான தூரங்களையும், அவற்றிடையான கவர்ச்சி வலிமையையும், அவற்றிடையுள்ள எலக்ட்ரான் பந்தன வியலையும் பொருத்தவாறு, அப்பொருளின் தன்மைகள் உள்ளவை. சூடப் படிகமுருவிகளை எளிதாய் நொறுக்கிவிடலாம். சூடக் கட்டியொன்றை அப்படியே போட்டுவைத்தால், நாளடைவில் அதன் அளவு குன்றிவந்து, இறுதியில் அது இருந்தவிடமே தெரியாதவாறு, மறைந்துபோகின்றது. அதன் மூலத்துகள்கள் அவற்றின் கிராதியடைப்பில் (லாட்டிஸில்) தளர்ந்த வாறுள்ளவை. ஒரு மூலத்துகளுக்கும் மற்றொன்றுக்குமிடை அதிகமான கவர்ச்சி வலிமை இல்லை. அவற்றின் அணுக்களின் ஆட்டத்தாலுண்டாகும் அதைப்பே, அவை கிராதியினின்று பெயர்ந்துபோகப் போதுமானது. எனவே அவ்வாறு விடுபட்டு வெளிக்காற்றில் பரவுகின்றன. வெளிப் பரவிய மூலத் துகள்களில் சில நம் மூக்கில் நுழைகின்றன. சூட வாசனையை நாம் உணர்கிறோம். ஒரு குன்றிமணியளவான சூடவில்லையொன்று ஓராண்டில், ஆவியாகி முற்றும் மறைந்துவிடுகின்றது, எனக்கொள்வோம். அவ் வில்லை, ஸெக்கண்டிற்குப் பத்துலக்ஷம் மூலத்துகள்கள் வீதம் ஆவியாகி, ஓராண்டு முழுதும் மணங்கமழ்ந்துகொண்டிருக்கும். சாதாரண உப்புக்கல் சூடத்தைவிட அதிக கடினமானது. ஆயினும் அதை விரலால் அமுக்கி நொறுக்கலாம். நொறுக்குப்பொடிகள் எல்லாம், முறையே கனச் சதுர படிகமுருவிகள் (க்யூபிக் கிரிஸ்டல்கள்). உப்புக்கல் ஒன்றை நிறுத்து பிறகு அப்படியே போட்டுவைத்து பல்லாண்டுகளுக்குப் பின்னர் நிறுத்துப்பார்த்தால் அதன்நிறை குன்றாதுள்ளது. என அறிவோம். உப்பு மூலத்துகள்கள் காற்றில் பறந்துபோய்விடுபவையன்று. அதன் மூலத்துகளிலுள்ள அணுக்கள் வலுவான மின் கவர்ச்சியுற்றும், ஸ்திரமான எலக்ட்ரான் தொகுதியையொட்டிய பந்தனமுற்றும், விறலான பிணையுறுதியுடன் உள்ளவை எனமுன்பே கூறியுள்ளோம். ஆதலின், அவை, தமது கிராதியடைப்புகளில், முறையே, நன்கு இருத்தப்பட்டு, வெளியேறாது இருப்பவை. ஸோடிய அயானொன்று தனது அக்கம்பக்கத்து குளோரின் அயான்களின் மின் கவர்ச்சிக்குட்பட்டுள்ளமையின், அவ்வயான்கள் தப்பி வெளியேறுதல் துர்லபம். எனவே, ஒரு மூலத்துகள் கிராதியடைப்பும், அடுத்ததின் கிராதியடைப்பும் வலிமையுடன் பந்தனமானவை. ஆதலின் ஸோடியம் குளோரைட் சுலபமாய் ஆவியாகாது. 804°C என்ற வெப்பநிலை யானபோது, அவ்வுப்பு உருகுகின்றது. அதன் அயான்கள் அதி வேகமாய் துடிதுடிக்கின்றன. அத்துடிதுடிப்பை யொட்டிய கிளர்ச்சி மின் கவர்ச்சியைவிட வலிமை மிக்கதாய் ஆகின்றது. அயான்கள், முறையே, அவற்றின் கிராதியடைப்புகளினின்று விடுபட்டு, பல வாட்டங்களிலும் துள்ளத் தொடங்குகின்றன. திடம் திரவமாகின்றது. 1413°C என்ற வெப்பநிலையானபோது திரவம் கொதித்து, ஆவியாய் ஆகின்றது.

அயான்கள் தள்ளும் வேகம் முன்பிருந்ததைவிடப் பன்மடங்கு அதிகமாய் ஆகின்றது. அவை, திரவ மூலத்துகள்களாய் தள்ளிக்கொண்டிருக்கும் வரம்பையும் கடந்துவிடுகின்றன. இடமின்னேற்பான ஸோடியம் அயானுென் றும், மறுமின்னேற்பான குளோரின் அயானுென்றும் பிணைந்து, ஸோடியம் குளோரைட் மூலத்துகளாயாகி, பாய்ந்தோடுகின்றது. அவ்வாறே எல்லா ஸோடிய அயான்களும் குளோரின் அயான்களும், முறையே ஸோடியம் குளோரைட் மூலத்துகள்களாய் ஐக்கியமாகி ஆவியாய்த் தாமுள்ள இடம் முழுவதும் பரவுகின்றன.

அடுத்ததாக வயிரம் என்ற அரும் பொருள்மாட்டு நமது நாட்டத்தைச் செலுத்துவோம். வயிரம், கார்பன் என்ற ஒரே அடிப்பண்டத்தாலானது. அசல் அடுப்புக்கரியும், கார்பன்தான். உலகிலுள்ள பொருள்களில் எல்லாம், மிக்க உரமானது, வயிரமே. அதை, ஆனவரை என்ன செய்தும் உருக்கித் திரவமாக்கவாவது காய்ச்சி ஆவியாக்கவாவது இயலாதுள்ளது. வயிர மூலத்துகள்கள் ஒவ்வொன்றும் முறையே, எண்ணற்ற கார்பன் அணுக்களா

வயிரம்



படம் 118.

வயிரத்தின் அணுவமைப்பு.

வட்டங்கள் கார்பன் அணுக்களைக் குறிக்கின்றவை. பலவகைச் சாயல்கள், அது பிளக்கப்பட்டற்கான தட்டங்களை முறையே, குறிப்பன.

லானவை. அவ்வகையான மூலத்துகள், 'அசுர மூலத்துகள்' (ஜயண்டு மாலிக்யூல்-**Giant Molecule**) எனப்படும். ஒவ்வொரு கார்பன் அணுவிலும், முறையே தொகுதியிலமையாவாறுன வெளிப்புற எலக்ட்ரான்கள், நான்கு, நான்கு உள்ளன, எனக் கூறியுள்ளோம். ஓரணு, தனது நாற்புறங்களிலுமுள்ள நான்கு அணுக்களுடன், தன் நான்கு எலக்ட்ரான்களை முறையே பகிர்ந்து கொண்டு, அவற்றின் நான்கு எலக்ட்ரான்களுடன், முறையே, கூட்டான தாகின்றது. எனவே ஒவ்வொரு அணுவும், முறையே எட்டு எலக்ட்ரான் களில் பங்குபெற்றதாகின்றது. எட்டு எலக்ட்ரான் தொகுதி மிகவும்

ஸ்திரமானது, எனக் கூறியுள்ளோம். அதைத் தவிர, ஒவ்வொரு வெளிப்புற எலக்ட்ரானும், இரண்டிரண்டு அணுக்களால் கூட்டாய்க் கொள்ளப்பட்டது. அவ்வணுக்களால் உறுதியுடன் பற்றப்பட்டுள்ளது. எனவே அவ்விரண்டு அணுக்களும் பலமாய் இறுக்கிப் பிணைக்கப்படுகின்றன. அவை, ஒவ்வொன்றும் முறையே, மற்றுமொவ்வொரு அணுவுடன் பிணைக்கப்பட்டவை. ஆகவே கார்பன் அணுக்கள் பலவும் திண்மையான பந்தனங்களால் பிணைக்கப்படுகின்றன. அவ்வாறு பிணைக்கப்பட்டுள்ளதினுலேயே, வயிரம் அதிவுரமான பொருளாயுள்ளது. வயிரம் உருக்கப்படவேண்டுமாயின், அதன் மூலத்துகள் கிராதியடைப்புக்கள் (லாட்டிஸ்கள்) தகர்த்தெறியப்படல்வேண்டும். அப்பொழுதே சற்று, துள்ளிக்கொண்டுள்ள திரவநிலையினவான மூலத்துகள்கள் ஏற்பட இயலும். அவ்வாறு செய்யவேண்டுமாயின், அணுக்கள் கூட்டாய்க் கொண்டுள்ள எலக்ட்ரான்களை அவற்றினின்று மீட்குதல், அவசியம். வலிமைமிக்க கட்டுத் தளைகளைத் தறித்து, அல்வெலக்ட்ரான்களை விடுவிக்க, அபாரமான சக்தி வேண்டப்படும். அடுப்புக் கரியிலுள்ள மூலத்துகள்கள் படிகமுருவிகளாய் அமைந்தவை அன்று. எனவே அது வயிரத்தைப்போன்று உரமானதாய் இல்லை. ஆயினும் அடுப்புக்கரியையும் உருக்கவாவது, ஆவியாக்கவாவது. இயலாதுள்ளது. உரமிக்க பொருள்கள் எல்லாம், அநேகமாக, அசுர மூலத்துகள்களைக் கொண்டவை. வயிரத்திற்கு அடுத்ததாக உரமிக்கதான பொருள் தோகைக்கல் (கார்பொரண்டம்-Corborundum) எனப்படுவது. தோகைக்கல் சாணைக்கல்லாயும் பயன்படுகின்றது. அதன் மூலத்துகள் ஸிலிகான் அணுக்களையும் கார்பன் அணுக்களையும் கொண்டது. ஸிலிகான் அணுவிலும் தொகுதியிலில்லாத வெளிப்புற எலக்ட்ரான்கள் நான்கு உள. ஆதலின் அவ்வணுக்கள் எலக்டரான்களாலான பந்தனத்துடன் கிராதியடைப்பில் உள்ளவை செம்பும் மரகதமும், முறையே, அலுமினிய ஆக்ஸிஜன் அணுக்களின் எலக்ட்ரான் பந்தனங்களுடன் உள்ளவை. இவற்றிற்கு அடுத்ததான உரமிக்க பொருள், எஃகு. எஃகு பெரும் பகுதியில் இரும்பாலானது. அதில் கொஞ்சம் கார்பன் கலந்துள்ளது. இரும்பின் படிகமுருவிகள், அசுர மூலத்துகள் வகையினவே. ஆயினும் அவற்றின் அணுக்கள், சற்றுத் தளர்வான எலக்ட்ரான் பந்தனங்களைக்கொண்டவை. எனவே, அணுவொன்று கட்டவிழ்ந்து, சற்று தூரம் விலகிச் சென்று மற்றொரு அணுவுடன் பந்தனமாகலாம். அவ்வாறே எல்லா அணுக்களும் செய்ய இயலும். அணுக்கள் பிணைந்திருப்பினும், அவை ஒன்றுடனொன்று இடம்மாறிக்கொண்டுள்ளன. ஆதலின் சுத்த இரும்பு அதிக உரமானதன்று. கார்பன் இரும்புடன் கலந்துள்ளபோது, கார்பன் அணுக்கள் இரும்பு அணுக்களிடைப் பொருந்துகின்றன. ஆதலின் இரும்பு அணுக்கள் இடம் மாறிச் செல்லாவாறு, தடுக்கப்படுகின்றன: இரும்பு அணுக்களின் பொருந்தல் ஸ்திரமாகின்றது. கார்பன் கலந்த இரும்பான எஃகு, உரமிக்க பொருளாய் ஆகின்றது.

அசுர மூலத்துகள்கள் மூவகையானவை. கார்பன் மூலத்துகள்கள் முதல் வகையினவை. அவை, நீளம்-அகலம்-உயரம் என்ற மூன்று வாட்டங்களிலுமான பருமனியலான கிராதியடைப்புக்களைக்கொண்டவை. நீளம்-அகலம் என்ற

அசுர மூலத்துகள் வகைகள்

இரு வாட்டங்களில் மட்டுமுள்ள பரப்புயியலான கிராதியடைப்புகளுடனுள்ளவை, இரண்டாம் வகையினவை. அவ்வகையானவற்றில் அணுக்கள் முறையே படலம் படலமாய் அமைந்திருப்பன. ஒவ்வொரு படலத்து அணுக்களும், முறையே, தத்தமக்குள் பலமான பிணைப்புகளுடனுள்ளவை. படலங்கள் ஒன்றின்மீதொன்று அடுக்கியவாறு உள்ளன. ஒருபடலமும் அதற்கடுத்ததும் தளர்வானவாறு இணைக்கப்பட்டவை. ஆதலின் படலங்களை ஒன்றினின்றொன்றாய்ச் சுலபமாய்ப் பிரித்தெடுத்துவிடலாம். இவ்வாறான படல மூலத்துகள் பொருந்தலைக்கொண்ட பொருள்களில் முக்கியமானது தீட்டியம் (கிராபைட்-**Graphite**) என்றது. நாம் எழுதுகோலாய் உபயோகிக்கும் பென்ஸில்களின் நடுவிலுள்ள குச்சி, கிராபைட்டால் செய்யப்பட்டது. கிராபைட்டில் கார்பன் அணுக்கள்மட்டுமேயுள்ளன. அவ்வணுக்கள் படலம் படலமாய் அமைந்தவை. ஒரு படலத்து அணுக்கள் தேன் கூட்டின் அறைகளுள்ளதைப்போல் பொருந்தியுள்ளன. அவற்றிடை பலமான எலக்ட்ரான் பந்தனங்கள் உண்டு. படலம் படலமாயுள்ள மூலத்துகளாலமைந்துள்ளமையின், கிராபைட்டின் பரப்பு மிருதுவாயும் மழமழப்பாயும் உள்ளது. சீட்டுக்கட்டு ஒன்றிலுள்ள சீட்டுகள் ஒன்றின்மீதொன்றாய்ச் சரிவதைப்போல, கிராபைட் படலங்களும் ஒன்றின்மீதொன்றாய்ச் சறுக்கலாம். இத்தன்மையதான கிராபைட் மெஷின்களுக்கான வழுக்கல் பொருளாய் (லூப்ரிகண்டாய்) மிகவும் பயன்படுகிறது. காக்காப்பொன் எனப்படும் மைக்கா (**Mica**), படல மூலத்துகள்களாலானது. அதனால்தான், அதை மெல்லிய ரேக்குகளாய் உரிக்க முடிகின்றது. ஒவ்வொரு படலத்திலும், முறையே, ஆக்ஸிஜன் அணுக்களும், ஸிலிகான் அணுக்களும், மாக்னீஷியம் அணுக்களும், எலக்ட்ரான் பந்தனங்களால் பிணைக்கப்பட்டு அமைந்துள்ளன. பிரஞ்சு சாக்கு (**French Chalk**) எனப்படுவது, மைக்காப் பொடிதான். அதனால்தான் அத்தூள் தொடுவதற்கு மிருதுவாயும் வழுக்கலாயும் உள்ளது. மூன்றாம் வகையினவான அசுர மூலத்துகள்களில், மூலத்துகள்கள் ஒரு வாட்டமாய் மட்டும் அமைந்துள்ளன. பொதுவாக எல்லாவகை நார்களும் அவ்வகை மூலத்துகள்களைக் கொண்டவை. காகிதம்-அட்டை-பஞ்சு-கம்பளி-மயிர்-பட்டு-மயிர்-மரநார்-கல்நார் (ஆஸ்பெஸ்டாஸ்-**Asbestos**) என்றவையும் இன்னும் பலவும் ஒரு வாட்ட மூலத்துகள்கள் அமைப்பான அசுர மூலத்துகள்களைக் கொண்டவை. புழங்கப்படும் பல பொருள்கள் நார்களினாலானவையே. நமது உடைகள்-நாம் படுக்கும் பாய்கள்-ஜமக்காளங்கள்-நாற்காலிகள்-பலகைகள்-சாய்மணைகள்-புத்தகங்கள் என்றவையும் இன்னும் பலவும் நார்ப்பொருள்களால் செய்யப்பட்டவையே. பஞ்சை

மைக்ராஸ்கோப்கொண்டு நோக்கினல், அது நூற்றுக் கணக்கான மெல்லிய நார்களைக்கொண்டது எனக் காண்போம். அந்நார்கள் ஒவ்வொன்றும், முறையே பல்லாயிரக்கணக்கான இழைகளாலானவை. அவ்விழைகளாலான கற்றையே நார், எனலாம். அவ்விழைகள் ஒவ்வொன்றும் ஒவ்வொரு அசுர மூலத்துகள். அது மெல்லிய சங்கிலித் தொடரைப்போன்ற கோவை. கார்பன் அணுக்களும் ஹைட்ரஜன் அணுக்களும், ஆக்ஸிஜன் அணுக்களும் சங்கிலி வளையங்கள் போன்று பொருந்தியவை. பட்டும், கேசமும் நூலியலான அசுர மூலத்துகள் களாலானவையே. நார்கள் திட்டமான படிகமுருவிகள் (கிரிஸ்டல்கள்) எனக்கூறுவதற்கில்லை. ஆயினும் மீண்டும் மீண்டும் ஒரே மோஸ்தரில் அணுக்கள் அமைந்துள்ளன, என்ற பண்பையொட்டி அவை படிகமுருவிகளை ஒத்தவை.

திடப்பொருளின் பண்புகள்

திடப்பொருளொன்று திரவப்பொருளினின்று எத்தன்மைகளில் முக்கிய மாய் வேற்றுமையானது, என வினவப்பட்டால், நாம், அது கடினமாயும் வலிமையாயும் உள்ளவகையில் திரவத்தின்று வேற்றுமையானது, என விடை யளிப்போம். இன்னும் திடப்பொருளால் செய்யப் பட்ட வஸ்துவொன்றின் உருவம் தரித்து நிற்பது எனவும் கூறுவோம். கட்டிட என்ஜினீயர்களும், கல் தச்சரும், தாம் கையாளுமாறுன திடப்பொருள் களின் உறுதியையும் வலிமையையும்பற்றித் திட்டமாக அளவை செய்யப்பட்டதினல் தெரியப்பட்ட விஷயங்களை அறியவிரும்புகின்றனர். ஒரு கட்டிடமாவது, கப்பலாவது, மெஷினவது நிருமிக்கப்படுவதற்குமுன், அவற்றை அமைக்க உபயோகப்படும் திடப்பொருள்களைப்பற்றி முக்கியமாய் அறியப்படவேண்டிய விஷயங்கள் பின்வருமாறும். அப் பொருள், கடினமானதா (ஹார்டானதா) அன்றி மென்மையானதா (சாப்டானதா) எனவும், அது வலிமைக்குட்பட்ட போது வளைந்து கொடுப்பதா, அதாவது, வளையுறுதியானதா (டப்பானதா-**Tough**) அன்றி, உடையுந் தன்மையானதா, அதாவது கொய்தானதா (பிரிட்டிலானதா-**Brittle**) எனவும், அது பலமானதா, அன்றி பலவீனமானதா எனவும், அறியப்படவேண்டும். கடினம்-மென்மை என்ற தன்மைகளையொட்டி பொருளின் மூலத்துகளமைப்பு எவ்வாறிருக்கும், என முன்பே கூறியுள்ளோம். உறுதியாய் எலக்ட்ரான் பந்தனமான மூலத்துகள்களைக்கொண்ட பொருள்கள், கடினமானவை; அவ்வாருன பிணைப்புக்கள் இல்லாதனவாய் தளர்ந்தவாறு பந்தனமான மூலத்துகள்களைக்கொண்ட பொருள்கள் மென்மையானவை. கட்டிட அமைப்புகளுக்கான பொருள்களில், கடினத் தன்மையைவிட வளை யுறுதித் தன்மையே (டப்னெஸ்) அதிகமாய் வேண்டப்படும். ஒரு பொருள் மிகக் கடினமானதாயினும், அது வலிமைக்குட்பட்டபோது வளைந்துதராது உடையுந் தன்மையினதானல், அது பலவகை வேலைகளுக்கு உதவாததாகும்.

கடினவியல் (ஹார்ட்னேஸ்)

கூழாங்கல்லும் கண்ணாடியும் கடினமான பொருள்களே. அவற்றின்மீது சுலபமாய்க் கீறலிடவோ, பள்ளம் வெட்டவோ, முடியாது. ஆயினும், அவை நொய்தானவை (பிரிட்டிலானவை). உலகிலுள்ள பொருள்களில் எல்லாம் அதிகக் கடினமாயுள்ளதான வயிரம் சற்று நொய்தானதே. அதைச்சுத்தியால் அடித்து உடைத்து விட இயலும். ஆயினும் ஒரு வயிரக் கல்லை, மற்றொன்றினாலன்றி, வேறு எவ்வகையிலும், கீறவாவது, வெட்டிப் பள்ளமிடவாவது, செதுக்கவாவது, அறைத்துத் தேய்வுறச் செய்யவாவது, முடியாது. வயிரங்கள் விலையுயர்ந்த பொருள்கள். ஆதலின் அவற்றை எல்லா வகையான வேலைகளுக்கும் பயன் படுத்தல், என்பது, கட்டிவராத காரியம். ஆயினும், ஒளி மங்கியதால் அணிகலன்களாயாதற்குத் தகுதியற்றவை எனத் தள்ளுபடியான வயிரங்கள் முக்கியமான இரு வகை வேலைகளுக்கு உபயோகப்படுகின்றன. பாறைகளைக் குடைதற்கென உபயோகிக்கப்படும் தமுர்களின் நுனிகளில், அவ்வயிரங்கள் பதிக்கப்படுகின்றன. எஃகு நுனிகளைக்கொண்ட தமுர்கள் (**Drills**), எஃகவ்வளவு கடினமேயான பொருள்களைத் துளைக்கவேண்டியிருத்தலால் அவற்றின் கூர்கள் சீக்கிரத்தில் மழுங்கிவிடுகின்றன. வயிரம் பதிக்கப்பட்ட தமுர்கள் கூர் மழுங்காமல் துரிதமாய்ப் பாறைகளைக் குடைவதற்கு ஏற்றவை. கருவல் முத்தைகளான வயிரத் தினுசுகள் உண்டு. அத் தினுசு வயிரம் 'களங்கமை' (போர்ட்-**Bort**) எனப்படும். அத்தினுசானவையே வயிர ஆயுதங்களில் பதிப்பதற்குச் சிறந்தவை. வயிரத்தைக்கொண்டு செய்யப்படும் மற்றொரு முக்கியமான வேலை, 'கம்பியிழுத்தல்' என்பது. கம்பியிழுக்கும் முறை பின் வருமாறும். உலோகக் குச்சியொன்று வார்க்கப்படும். அதன் நுனியொன்று கூம்பியதாய் ஆக்கப்படும். குச்சியினதைவிடச் சற்றுக் குறைந்த குறுக்களவான துளையொன்றினுள் கூம்பியுள்ள நுனி புகுத்தப்படும். அந் நுனியால் பிடிக்கப்பட்டு, துளையினூடே அக்குச்சி இழுக்கப்படும். அதனால், அதன் குறுக்களவு சற்று குறைவாகும். இக் குச்சி இன்னும் சற்றுக் குறைந்த குறுக்களவான மற்றொரு துளையினூடே இழுக்கப்படும். இப்படியே படிப்படியாய் குறைந்துவரும் குறுக்களவினவான துளைகளினூடே இழுக்கப்படும். தேவையான அளவு மெல்லிதாகும்வரை, அது இழுத்து வரப்படும். கம்பிகள் ஊடேயிழுக்கப்படுவதற்கான துளைகளுள்ள பொருள் அதிககடினமாயிருக்கவேண்டும். அவ்வாறில்லாவிடின், கம்பிகள் இழுக்கப்படும்போது ஏற்படும் உரசலால் துளைகளின் உள்ளோரத்துப் பொருள் சீக்கிரத்தில் தேய்வுறும்; துளை பெரிதாகவும், சரியான உருவினதாயில்லாததாகவும் ஆய்விடும். எனவே, வயிரத்தாலும் எண்ணெயும் இடப்பட்டு, உருள் தமுர்களை (ரொடேடிங்கு டிரில்கள்-**Rotating Drills**)க்கொண்டு, வயிரங்களில் அத்துளைகள் குடையப்படுகின்றன. அவ்வாறு துளையிடப்பட்ட வயிரக்கற்கள் எஃகுவளையச் சட்டங்களில் பொருத்தப்

படுகின்றன. '15 இரத்தினங்கள் பதிக்கப்பட்ட கெடியாரம், 20 வருஷம் உத்தரவாதம்' என்ற விளம்பரங்களை நாம் அடிக்கடி கண்டிருக்கிறோம். கெடியாரத்திலுள்ள சக்கரங்கள் முதலானவை, முறையே, சுழன்றால்தான், கெடியாரம் சரியாய் ஓடும். அச் சக்கரங்கள் சாயாதவாறும், பக்க வாட்ட அசைவின்றியும், தளர்ந்துவிடாதவாறும் பொருந்தி, சரளமாய்ச் சுழலும்படி, அவற்றின் அச்சுகள் பதிந்திருக்கவேண்டும். எனவே, அக் கதிர்கள் (அவற்றின் பெயர், (ஆர்பர்கள் [**Arbours**]) அமைந்துள்ள 'ஏந்துகள்' (பேரிங்குகள்-**Bearings**), சிறு இரத்தினக் கற்களில் மிகச் சிறிய துளைகளிடப்பட்டவாறு ஆனவை. அங்ஙனம் பயன்படுமாறுள்ள இரத்தினங்கள், கெம்பும் மரகதமுமாம். அவை கடினமான கற்கள். ஆதலின் 'ஏந்துகள்' (பேரிங்குகள்) தேய் வுறாமலிருப்பன. கெடிகாரம் நீடித்து உழைக்கும்.

பல வேலைகளுக்கு உபயோகிக்கப்படும் பொருள்கள் கடினமாயிருக்க வேண்டுமென்பது, அவ்வளவு முக்கியமன்று. அவை மோதுதலால் ஏற்படும் அதைப்பைத்தாங்கும் பண்புடனிருத்தலே, அதிகமாய் வேண்டப்படுவது. கல்லுப்புக்கம்பு எஃகுக் கம்பவ்வளவு தேய்வுறாமல் இருக்கலாம்; பளுவைத் தாங்கலாம்; ஒரு வாட்டத்தில் இழுக்கப்பட்டபோது, விட்டுப் போகாமல் இருக்கலாம்; ஆனால், அது சற்று மோதுண்டாலும், அதிர்ச்சியைத் தாங்க இயலாது; உடைந்து உதிர்ந்துவிடும். கல்லுப்பு, சம்மட்டியின் தலைப்புக் கட்டிக்கான பொருளல்ல. இருப்புப்பாதைகளைப் போன்ற மார்க்கங்கள் அமைக்க உதவாதது; கட்டுச் கங்கிலிகளைச் செய்ய ஏற்றதன்று. ரயில் வண்டி களில் முன்னும் பின்னும் அமைக்கப்படும் ' மோதுத் தாங்கிகள் (பப்பர்கள். **Buffers**) செய்யப்படத் தகுதியற்றது. அவ்வாறான மோதுதல்களையும் அலமரல்களையும் தாங்கிக்கொள்வதற்கென எடுத்த பொருள்கள், உலோகங்களே. உலோகத்தால் பண்ணப்பட்ட வஸ்து வொன்றை உடைப்பது எளிதன்று. உலோகப்பொருள் உடைவதற்கு முன் வளைவது. அவை வளையுறுதியானவை (டப்பானவை). கண்ணாடி-கல்லுப்பு-செங்கல்-என்றவற்றைப்போன்று கொய் தானவை (பிரிட்டிலானவை) யன்று. மண்பாண்டத் தையும் கண்ணாடிக் கலத்தையும் பீங்கான் கோப்பை யையும் பட்டென உடைத்துவிடலாம். செப்புப் பாத்திரத்தை அப்படி உடைக்கமுடியாது; தகடை மடக்கி மடக்கியேஒடிக்கமுடியும். வளையுறுதியியல் (டப்னெஸ்-**Toughness**) உலோகங்களில் சிறப்பாயிருப்பதற்கான காரணம் என்னவென்பதை தெரியற் செய்கையோர் திட்டமாய் அறியார்; ஆயினும் அக்காரணம் ஒருவாறு விளக்கப் பட்டுள்ளது. இரும்பு-செம்பு-வெள்ளி-குரோமியம் முதலான கடின உலோ கங்கள் அசுர மூலத்துகள்களைக் கொண்டவை. அவற்றின் அணுக்கள், முறையே, வயிர வணுக்களைப்போலவே, எலக்ட்ரான் பந்தனங்களால் பிணைக்கப் பட்டவை, எனவே அவ்வுலோகங்கள் கடினமாயுள்ளன. உலோகங்களின்

உலோகங்களின் மூலத்துகள் பொருந்தல்

அணுப்பிணைப்பு முறைக்கும், வயிரத்தினதிற்கும், ஒருவகை வேற்றுமை உண்டு. வயிரத்தின் அணுப்பந்தனங்களை எவ்வாருயினும் தெறித்துவிட்டால், அவ்வணுக்கள் மீண்டும் இணைவதில்லை. அதன்பிறகு பந்தனம்விட்டகன்றவையே. ஆனல், உலோகங்களில் அப்படி எற்படுவதில்லை. அவற்றின் பந்தன எலக்ட்ரான்கள் ஓரணுவினின்று மற்ருென்றினுக்காய் பெயர்ந்து போகக் கூடியவை. எவையாயினுமான சில அணுக்களிடையுள்ள கட்டுகள்தெறித்துவிட்டனவாயின் ஆங்கிருந்து பெயர்க்கப்படும் எலக்ட்ரான்கள் மற்ற சில அணுக்களைப் பிணைக்க லாம். செப்புக் கோலொன்றை வளைப்போம். செப்புப்படிக முருவிகளிலுள்ள அணுக்களமைந்த படலங்கள் ஒன்றின் மீதொன்ருய் நழுவுகின்றன. புத்தக மொன்றை வளைத்தால் அதன் எடுகள் ஒன்றின்மேலொன்ருய்ச் சரிதலைப் போல, அவ்வணுப்படலங்கள் நழுவுகின்றன. வளைக்கும் வலிமை எடுத்து விடப்பட்டவுடன், அப்படலங்கள் மீண்டும் முன் போலவே இணைகின்றன. செப்புக் கோலின் வலிவு குறையாதுள்ளது. படீரென அழுத்தி வளைத்தால், அணுக்கள் மீண்டும் இணைவதற்கு நேரமில்லை. கோல் முறிகின்றது. உலோ கங்களில் பெயர்ந்து செல்லக்கூடிய எலக்ட்ரான்கள் இருப்பதினுலேயே, அவை மின்கடத்துத்தரம் (எலக்ட்ரிகல் கண்டக்டிவிடி) மிக்கனவாய் உள்ளன. மின்னேட்டம் எனப்படுவது எலக்ட்ரான் திரள்களின் பாசனமே, எனக் கூறி யுள்ளோம். உலோகங்களில் ஓரணுவிலிருந்து மற்ருென்றுக்கு எலக்ட்ரான்கள் சுலபமாய்க் கடக்கலாம். எனவே, உலோகங்கள் மின்கடத்துத் தன்மை யானவையாய் உள்ளன. வயிரம், மாணிக்கம், முதலானவற்றில் எலக்ட்ரான் கள் கழன்று பெயர்ந்து செல்லக்கூடியவை அன்று. அவற்றினூடே, மின் னேட்டம் செல்லவே இயலாது. நார் வகைகளைப் பற்றி மேலே கூறியுள்ளோம். அவை வளையுறுதியானவை ; ஆனல் கடினமானவை யன்று. அவற்றின் நீண்ட மூலத்துகள்கள் வளைந்துகொடுக்க வசதியானவை. அவை, அசையமுடியாதபடி ஒன்றுடனென்ருய் இருத்தப்பட்டவை யன்று; சங்கிலியியல் பிணைப்பானவை. ஆதலின், மணிச் சரமொன்றைப் போல, அவை எவ்வாட்டத்தில் வேண்டு மாயினும் வளைதல் இயலும்.

இயந்திரச் சாதனமான (எஞ்சினீயரங்கு) சாமான்கள் பல, வளையுறுதியான (டப்பான) பொருள்களால் செய்யப்படவேண்டியவை. அதிக அதிர்ச்சியை ஓர்த்துக் கொள்ளவேண்டிய மெஷீன் பாகங்கள், மிகவும் வளையுறுதியான பொருளைக் கொண்டு அமைக்கப்படவேண்டும். பாரச் சுமைகள் ஏற்றியனுப்பப்படும் ரயில் வண்டிகளை (ட்ரக்குகளை-**Trucks**) ஒன்றுடனென்ருய்க் கோக்கின்ற சங்கிலிகளின் வளையங்களை உதாரணமாய்க் கூறலாம். எஞ்சின் கிளம்பும் போது, ஒவ்வொரு சங்கிலி வளையமும் நெரிந்து, இடிபட்டுப் படீரென இழுக்கப்படுகின்றது. அடிக்கடி அவ்வுதைப்பைத்

பண்ணுறு இரும்பு

தாங்கிக்கொண்டு, எஃகுக்கூட அநேக நாட்கள் தரித்து நிற்காது. ஆதலின் அச்சங்கிலிகள் "பண்ணுறு இரும்பு" (ராட்ஜரன்-**Wrought iron**) என்ற பொருள்களால் செய்யப்படுகின்றன. 'பண்ணுறு இரும்பு' எஃகைப் போல் அவ்வளவு வலிவானதல்லவெனினும் எஃகைவிட அதிக வளையுறுதி யானது. உலோகங்கள் வளையுறுதியானவை; நார்களும் வளையுறுதியானவை. என்வே நார்களைப் போன்று உலோகப் பொருளால் அமைக்கப்பட்டவை, மிகவும் வளையுறுதியாய் இருப்பன. பண்ணுறு இரும்பு உலோக நார்களாலான பொருள், எனலாம். பெரும் பகுதியில் சுத்த இரும்பாலான தகடுகள் அடிக்கப் படும். அவை நாம் படுக்கையைச் சுருட்டுவது போல, இறுக்கிச் சுருட்டப் படுகின்றன; மறுபடியும் சம்மட்டியால் அடிக்கப்படுகின்றன. அவ்வாறு பல தடவைகள் செய்யப்படுகின்றது. அதனால், அத்தகடுகள், இருப்பு நார்கள் பல நெருக்கமாய்ப் பிணைக்கப்பட்ட கற்றைகளாய் ஆகின்றன. இவ்வுலகப் பொருள் களில் எல்லாம், பண்ணுறு இரும்பே வளையுறுதித்திறனில் ஒப்புயர்வற்றது என லாம். செம்பு வளையுறுதி மிக்கதே; ஆனால் அது கடினமானதன்று. எட்டில் எழு பங்கு செம்பும், ஒரு பங்கு வெள்ளீயமும் சேர்ந்ததாலான 'வெண்கலம்' என்ற கலவையுலோகம் உறுதியானது; வலிவானது; ஆனால் கடினமான தன்று. நீராவிக் கப்பல்களின் 'பாறல் முடுக்கிகள் (புரோபெல்லர்கள்-**Propellers**) வெண்கலத்தினால் செய்யப்படுகின்றன. பெரும் நியமிதக் கப்பல் களின் (லைனர்கள்-**Liners**) வீறான பாறல் முடுக்கிகள் (புரோபெல்லர்கள்), முப்பது முதல் ஐம்பது டன்கள் வரையான நிறைகளுடனுள்ளவை; நிமிஷத் திற்கு இருநூறு முதல் நானூறு தடவைகள் வரை சுழல்கின்றவை. அவ்வாறான பாறல் முடுக்கியொன்று (புரோபெல்லர்), நீரில் மூழ்கிக் கிடக்கும் பெரும் வஸ்துவொன்றை முட்டினால், அதன் சுழற்சி தடைப்படும். பாறல் முடுக்கி (புரோபெல்லர்) எஃகினாலானதா யிருந்தால், அது மளாரென முறிந்து போகும்; நல்ல வெண்கலத்தினால் செய்யப்பட்டதா யிருந்தால் வளைந்து கொடுத்து அதைப்பைத்தாங்கிக் கொள்ளும்.

பொருள்களின் கடினத்தன்மையையும் அல்லது உரவியலையும் வளையுறுதித் தன்மையையும் அல்லது வண்ணகத்தையும்பற்றி அறிந்துகொண்டோம். இனி, பொருள்களின் வலிமைப் பண்பைக் கவனிக்கலாம். ஒரு நூலைக் கட்டி ஒருவஸ்துவைத் தூக்கிப்பிடித்துக்கொள் கிறோம். வஸ்துவின் கனம் அதிகமானால், நூல் அறுந்து போகும். அந்நூல் அறுந்து விடாமல் எவ்வளவு அதிகமான கனத்தைத் தாங்கக்கூடும் என்பதைப்பொருத்தவாறே அந்நூலின் வலிமையும் உள்ளது. அதிகமான கனத்தைத் தூக்கிப் பிடித்துக்கொள்ளக்கூடிய பொருள், அதிக வலிமையானது. இவ்வாறு இழுபடுவதற்கு விட்டுக்கொடுக்காமலிருத்தல், என்ற பண்பு

மூரணியல் (டெனஸிடி)

'முரணியல்' (டெனுஸிடி-**Tenacity**) எனப்படும். இவ்வகைப் பண்பில், தனிச்சிறப்புவாய்ந்தது, உயர் ரகமான எஃகு. ஒரு சதுர அங்குலக் குறுக்குப் பரப்பான எஃகுக் கம்பியொன்று, எண்பது டன்கள் எடையின் இழுப்பைச் சமாளிக்கவல்லது. சாதாரண ரயில் எஞ்சின் ஒன்றின் எடை எண்பது டன்கள் இருக்கும். மிதரக (மைல்டு-**Mild**) எஃகு அவ்வளவு முரணுனது அல்ல. ஒரு சதுர அங்குலக் குறுக்குப் பரப்பான கம்பி, இருபது டன்களின் கனத்தையே தாங்கக்கூடும். ஆனுல், அதன் விலை உயர்ரக எஃகுவினதில் சிறுபங்கேயானது. மிதரக எஃகு, இருப்புப் பாலத்து கர்டர்கள் முதலானவை செய்யப் பயன்படுவது. மிதரக எஃகு உயர்ரக எஃகைவிட முரண்திறன் குறைந்ததாயினும், அதைவிட ஞாட்பியல் (டப்னெஸ்) மிக்கதானது. பண்ணுறு இரும்பைப் போன்று அவ்வளவு ஞாட்பியல்மிக்கதாய் வாய்க்காததாயினும் மற்ளுெரு வகையில் அதைவிட மேன்மையானது. பண்ணுறு இரும்பைவார்க்க முடியாது. மிதரக எஃகை அச்சுகளில் வார்க்கலாம். பண்ணுறு இரும்புச் சாமான்கள் பட்டடையிட்டு அடிக்கப்பட்டு உருவாக்கப்பட்டவை. இழுத்தலைச் சமாளிக்க மாட்டாத பல பொருள்கள் அழுத்தலை ஏற்றுக்கொள்ளல் இயலும். கட்டடங்கள் அமைக்கப் பயன்படும்; செங்கல்-பாராங்கல்-கற்காரைக் கலவம் (கான்க்ரீட்-**Concrete**)-முதலான பொருள்கள் அவ்வகையினவை. அவற்றைக் கொண்டமைக்கப்பட்ட தூண்கள் முதலானவை, அபாரமான கனத்தைத் தாங்கக் கூடியவை. அப்பொருள்கள் உரம் (ஹார்ட்) ஆனவை; ஆனுல் வளையுறுதியும், இழுப்புறுதியும் (டென்ஸைலும், ஆனவை அன்று. கற்காரைக் கலவம் (கான்க்ரீட்) கட்டிடம் உரமானதாயிருக்கும்; பெரும் பாரத்தைத் தாங்கக் கூடியது; ஆனுல், புயற்காற்று முதலியவற்ருலான பக்கவாட்ட நெரிவுகளை (ஸ்ட்ரெயின்களை-**Strains**)ச் சமாளிக்க முடியாதது. எஃகு உரமும், ஞாட்பும், முரணும் ஆனது. ஆனுல் அது கான்க்ரீட்டைவிடச் செறிவு மிக்கதும் விலை மிக்கதும் ஆனது. எனவே முழுதும் எஃகினுலான கட்டிட மொன்றின் கனம் அதிகமாயிருக்கும்; அதைக் கட்ட செலவும் அதிகம் பிடிக்கும். எஃகையும் கற்காரைக்கலவத்தையும் (கான்க்ரீட்டையும்) தக்கவாறு சேர்த்துக்கொண்டு கட்டிட மொன்றை அமைத்தால், அது உரமும் ஞாட்பும் முரணும் மிக்க நல்ல கட்டிடமாயிருக்கும். அவ்வாறு, எஃகும் கற்காரைக் கலவமும் (கான்க்ரீட்டும்) தக்கவாறு ஒன்று கூட்டப்பட்ட கட்டிடவமைப்புக்கான நற்பொருள், அயங்கற்காரைக்கலவம் (பெர்ரோ கான்க்ரீட்-**Ferro-concrete**) என்ற முக்கியமான கலவைப் பொருள். தடிப்பான இருப்புச் சட்டங்கள் குறுக்கும் நெடுக்குமாய் பொருத்தப்பட்டு, இடைவெளிகளில் சந்து விழாதபடி கற்காரைக் கலவைத்திரவம் (லிக்விட் கான்க்ரீட்) ஊற்றப்பட்டு, இறுகியதனுலானது, அயங்கற்காரைக்கலவம்(பெர்ரோகான்க்ரீட்). அதிலுள்ள எஃகு இழுத்தலாலும் வளைத்தலாலும் ஆன நெரிவுகளைச் சமாளித்துக்கொள்ளும்; கற்காரைக்கலம் அமுக்க நெரிவை ஒர்த்துக்கொள்ளும்.

அயங்கற்காரைக்கலவம் (பெர்ரோகான்க்ரீட்)

திடப்பொருள்களின் மற்ரெரு முக்கியமான தன்மை 'மீள் விறல்' (எலாஸ்டிஸிடி-**Elasticity**) என்றது. காற்றடைக்கப்பட்ட ரப்பர் பந்தை அமுக்கி, பின் விட்டுவிட்டால், அது முன் நிலைமைக்கே மீள்கின்றது. அமுக்கம் விடுபெட்டபின், காற்றின் பருமன் அதன் முன்னளவினதாகவே உள்ளது. திரவங்களும் இத் தன்மையினவே. ஆனால், அவற்றின் பருமனைச் சிறிதளவு குறைக்கவும், அதிக வளவான வலிமை வேண்டப்படும். திடப்பொருள்களும் இத் தன்மையுடனுள்ளவையே; அவற்றின்பருமனைச் சற்று குறைக்கவும் மிகுந்த வலிமை அவசியம். இவ்வாறு அமுக்கத்திற்குட்பட்டபோது, ஒரு பொருளின் பருமன் சற்றுக் குறைந்து, அமுக்கம் விடப்பட்டபின், பருமன் முன்னளவே யாகுதல், என்ற தன்மை, 'பருமன் மீள் விறல்' (வால்யூம் எலாஸ்டிஸிடி-**Volume Elasticity**) எனப்படும். திட-திரவ-வாயு-என்ற மூவகைப்பொருள் களும் 'பருமன் மீள் விறல்' (வால்யூம் எலாஸ்டிஸிடி) என்ற பண்புடனுள்ள வையே. திடப்பொருள்கள் மட்டும், இன்னும் இரு வகையான மீள்விறல் (எலாஸ்டிஸிடி) தன்மைகளுடனுள்ளவை. அவை, நெடுக்கை மீள்விறல் (லான்ஜிட்யூடினல் எலாஸ்டிஸிடி-**Longitudinal Elasticity**), 'உருவ மீள் விறல்' (ஷேப் எலாஸ்டிஸிடி-**Shape Elasticity**) என்றவை. திட வஸ்து ஒன்றை இழுத்து வலியுறுத்தினாலும், திருகி வலியுறுத்தினாலும்: வலிமை விடப்பட்டபின், அது, முறையே, முன்பிருந்த நீளமானவாறாயினும், உரு' மானவாறாயினும், மீண்டும் ஆகின்றது; அதாவது, வலியுறுத்தப்படுவதற்கு முன்பு இருந்த நிலைமைக்கு மீள்கின்றது. ரப்பர் 'நெடுக்கை மீள் விறல்வ லான்ஜிட்யூடினல் எலாஸ்டிஸிடி) பண்பை சிறப்பாய்க் கொண்டுள்ளது, என, எல்லோரும் அறிவர். ரப்பர் மட்டுமல்ல, இன்னும் பல திடப்பொருள்களும் அப் பண்புடனுள்ளனவே. ஒரேயளவு நீளமும் குறுக்களவுமான ரப்பர் நாண் ஒன்றையும் எஃகுக் கம்பியொன்றையும், முறையே, ஒரேயளவுதூரம் நீட்டு வதற்கான வலிமையளவுகள், நானூறுக்கு ஒன்று என்ற ஒப்புவீதமானவை. எனவே எஃகுக் கம்பியைவிட அதிக சுலபமாய் ரப்பர் நாணை இழுத்து நீட்ட முடிகின்றது. இதைக்கொண்டுமட்டும், ரப்பர் உருவ மீள் விறல் பண்பில் சிறந்தது எனக் கூறிவிடக்கூடாது. ரப்பரின் உருவ மீள் விறல் பண்பு சுலபமாய் காணப்படுவது; எஃகினது அவ்வளவு சுலபமாய்க் காணப்படுவதில்லை. இரண்டும் மீள் விறல் தன்மையுடனுள்ளவையே. ஆயினும் ஓரளவுக்கு அதிக மாகாத குறுக்களவுடனுள்ள ரப்பர் நாணொன்றை அதன் நீளத்தினளவுக்கு நிகரான அளவுதூரம் நீட்டிவிட்டுப் பிறகு விட்டாலும், அது தன் முன்னைய நிலைமைக்கு மீளும். எஃகுக் கம்பியொன்றை அவ்வளவு தூரம் நீட்டமுடியாது; அதன் நீளத்தில் ஒரு பங்களவான தூரமே நீட்டலாம்; அதற்குமேல் நீட்டினால் அது தன் முதல் நிலைமைக்கு மீளாது; அல்லது அறுந்துபோகும். எனவே,

தன் நீளத்தின் அளவில் மற்ற பொருள்களிலானதைவிட அதிக பங்களவானவாறு நீட்சியாகலாம் என்ற வகையிலேயே ரப்பர் சிறந்த மீள் விறல் பொருள் எனக் கருதலாம். ஆயினும், நெடுக்கை மீள்விறல் திறன் (லான்ஜிட்யூடினல் மாட்யூலஸ்-**Longitudinal Modulus**) என்ற அளவை வீதத்தில் எஃகின் திறன், ரப்பரினதைவிட அதிகமானது. எஃகின் நெடுக்கை மீள் விறல் திறன் சதுர அங்குலத்திற்கு 12,960 டன்களின் எடை வலிமையானது ; ரப்பரினது, சதுர அங்குலத்திற்கு 32 டன்கள் எடை வலிமையானது. ரப்பர் நார்க்கோவையான் அசுர மூலத்துகள்களைக் கொண்டது. அந்நார்கள் கயிற்றுச் சுருள்களைப் போல், வளையம் வளையமாய்ச் சுருண்டு உள்ளன. ரப்பர் இழுபடும்போது, அச் சுருள்கள் விரிந்து நார்கள் நீட்சியாகின்றன ; இழுக்கும் வலிமை விட்டவுடன், மீண்டும் சுருண்டுகொள்கின்றன: எஃகுக் கம்பி இழுபடும்போது, அதன் கிராதியடைப்புகளிலுள்ள அணுக்கள், ஒன்றிலிருந்தொன்று சற்று அதிக தூரமானவாறு விலகுகின்றன. அவ்வணுக்கள் ஒன்றுடனொன்று எலக்ட்ரான் பந்தனமானவை: இரு அணுக்களைப்பிணைக்கும் எலக்ட்ரான்கள் அவ்விரண்டையும் சுற்றி வட்டமிடுகின்றன. கம்பி இழுக்கப்பட்டாவது வளைக்கப்பட்டாவது அணுக்கள் விலகும்போது, எலக்ட்ரான்களின் பாதையான வட்டங்களும் சற்றுப்பெரிதாய் ஆகின்றன ; இழுக்கும் வலிமை விடப்பட்டவுடன், எலக்ட்ரான்கள் தமது முன்னைய பாதையான சிறு வட்டத்திற்கு மீள்கின்றன. கம்பியும் அதன் முன் நிலைமைக்கு மீள்கின்றது. கம்பி நீளல் என்ற நெரிவுக்கு (ஸ்ட்ரெயினுக்கு)க் காரணமான வலிமை ஓரளவைவிட அதிகமாயின், முன்னைய எலக்ட்ரான் பாதைகளுக்கு எலக்ட்ரான்கள் மீள்வதில்லை. எனவே, அணுக்களின் பந்தன நிலைமையும் முன்போலாவதில்லை. அணுக்கள் புதிய எலக்ட்ரான் பாதைகளையொட்டிய பந்தனங்களுடனேயேவுள்ளன. வலிமை விடப்பட்டபிறகும்கூட, அணுக்களும் எலக்ட்ரான்களும் முன்னைய நிலைமைக்கு மீளாதுள்ளமையின், கம்பி சற்று நீட்சியானவாறாகவாயினும், வளைந்தவாறாகவாயினும் நிலைத்துவிடும். கம்பியிழுக்கப்படும் வலிமை இவ்வெல்லைக்கானதையும் விட அதிகமானால், பந்தனங்கள் முற்றும் கழன்றுவிடுகின்றன. படிகமுருவிகள் பிணைப்பு நீங்கிப் பிரிகின்றன. கம்பி அறுந்தாவது ஒடிந்தாவது போகின்றது. ஆகவே மீள்விறலியலான பொருளொன்று மேலும் மேலும் நீட்சியாக்கப்பட்டுக்கொண்டாயினும், வளைக்கப்பட்டுக் கொண்டாயினும், இருக்குமாறாயின் அதனதற்கான எல்லையைக் கடக்கும் வரையிலேயே, வலிமை விடப்பட்டவுடன் முன் நிலைமைக்கு மீளும் ; அவ்வரம்பைக் கடந்துவிட்டால் வலிமை விடப்பட்டவுடன்கூட, முன் நிலைமைக்கு அது மீளாது. அவ்வெல்லை மீள் விறல் நிரலவதி (லிமிட் ஆப் பர்பெக்ட் எலாஸ்டிஸிடி-**Limit of Perfect Elasticity**) எனப்படும். இவ் வரம்பிலுள்ள பொருள், தளர்விடு நிலைமையை (யீல்டு பாயிண்டை-**Yield Point**) யடைந்தது, என்னப் படுகின்றது. அந் நிலைமையயடைந்தபொருளொன்று அதற்கு மேலும்

சற்று நீட்டப்பட்டாலும், வளைக்கப்பட்டாலும், அறுந்தாவது, முறிந்தாவது, போகும். அத்தறுவாயில் அது, 'இரிதல் நிலைமை' (**Breaking Point**) யையடைந்தது, எனப்படும். இவ்வெல்லை மீள் விறல் அறவவதி (**Elastic Limit**) எனப்படும். செம்பு-ஈயம்-என்பவற்றைப்போன்ற உலோகங்கள் 'மீள் விறல் நிரலவதி' யைச் சட்டெனை அடைந்துவிடுபவை. ஆதலின் அவை நீட்சியானவாறாயினும் வளைந்தவாறாயினும் சாதாரணமாய் நிலைத்துவிடுகின்றன. உலோகங்களுள், மீள் விறல் தன்மைக்கு எடுத்தது, எஃகு. எஃகுகளுக்குள் உரமாக்கப்பட்ட எஃகு (**Hardened Steel**) மேன்மையானது. எஃகு பழுக்கக் காய்ச்சப்பட்டு, திடீரெனத் தண்ணீரில் போடப்பட்டு குளிர்ந்ததாயின் அதன் உரமும் மீன்விறலியலும் மிக்கதாய் ஆகின்றன ; ஆனல் அது சற்று கொய்தாயும் (பிரிட்டிலாயும்) ஆகின்றது. மேற்கூறியவாறான செய்படுநிரலுக்கு. 'எறுழ்ப்பதனுக்கல்' (டெம்பரிங்கு-**Tempering**) என்று பெயர். எறுழ்ப் பதனுன டெம்பரான) எஃகை மெதுவாய் இளஞ்சூட்டில் காய்ச்சினுல், அதன் உரமும் மீள்விறலியலும் சற்று குறைகின்றன ; ஆனல் கொய்துத் தன்மையை இழக்கின்றது ; ஞாட்பாகின்றது (டப்பாகின்றது). கெடிகாரம்-கிராமபோன் முதலானவற்றின் வில்கள் 'மீள் விறல் திறனும்' ஞாட்பும் மிக்கனவாய் இருத்தல் வேண்டும். ஆதலின் அவை, எறுழ்ப்பதனுக்கப்பட்டு மீண்டும் காய்ச்சப்பட்ட எஃகினுலேயே செய்யப்படுகின்றன. வில் அமைப்பதற்கென, எஃகைத்தவிர வேறு எப்பொருளும் எடுத்தது அல்ல.

நீட்சியான போதும் வளைந்துள்ள போதும் ஆற்றுவிக்கப்பட்ட வலிமைகள் முறையே, அகற்றப்பட்டவுடன், தமது முன்னைய நிலைமைகளுக்கு மீள்தலைப் போலவே, திடப்பொருள்கள் சில திருகப்பட்டபோதும், திருகுவலிமை விடப் பட்டவுடன், தம் முன் நிலைமைக்கு மீள்கின்றன. இவ்வகையான உருவ மீள் விறல் தன்மை, 'முறுக்கியலுறுதி' (ரிஜிடிடி-**Rigidity**) எனப்படுகின்றது. அதன் அளவை, 'முறுக்கியலுறுதி மீள்விறல்திறன்' ரிஜிடிடி மாட்யுலஸ்-**Rigidity modulus**) எனப்படுகின்றது. எஃகின் முறுக்கியலுறுதித்திறன் (ரிஜிடிடி), சதுர அங்குலத்திக்கு, 5500 டன்கள் எடை வலிமையானது ; செம்பு-3000 டன்கள் ; ஈயம்-360 டன்கள் ரப்பர்-$\frac{1}{10}$ டன்கள் ; இவ்வாறு, பல பொருள்களுக்கான, நெடுக்கைமீள்விறல் திறன்களும், முறுக்கியலுறுதி மீள்விறல்திறன்களும், முறையே, அளவிடப்பட்டுள்ளன. 'மீள்விறல்' எவ் வகையினதாயினும். நெரிவை (ஸ்ட்ரெயினை)ப் பயக்கும் அடலுறுத்துக்கும் (ஸ்ட்ரெஸ்ஸுக்கும்) நெரிவுக்கும், ஆனவீதம், அப்பொருளுக்கு ஒருவகை மீள்விறலைப் பொருத்தவாறு, மாறாதிருக்கும் அவ்வீதமே 'மீள்விறல்திறன்'. எனப்படுவது. முப்பது அடி நீளமும் அரைசதுர அங்குலப் பரப்புமான எஃகுக் கம்பியொன்று, 18 டன்கள் எடை வலிமையால் ஒரு அங்குலம் நீட்சியாகின்றது எனக்கொள்வோம். அதன் அடலுறுத்து (ஸ்ட்ரெஸ்), சதுர அங்குலத்திற்கு,

18/½ = 36 டன்கள் எடைவலிமை; அதன் 'நெரிவு' அடிக்கு $\frac{1}{12 \times 30} = \frac{1}{360}$ அடி

ஆதலின் $\frac{\text{அடலுறுத்து}}{\text{நெரிவு}}$ என்ற வீதம் $\frac{36}{1/360} = 36 \times 360 = 12960$ டன்கள்.

எனவே எஃகின் நெடுக்கை மீள்விறல் திறன், சதுர அங்குலத்திற்கு 12960 டன்கள் எடை. பதினைந்து அடி நீளமானதும் காலங்குலக் குறுக்களவு மான, மற்றொரு கம்பி பன்னிரண்டு டன்கள் எடை வலிமையால், ⅔ அங்குலமே நீளும். $\frac{\text{அடலுறுத்து}}{\text{நெரிவு}} = \frac{12/\frac{1}{4}}{(2/36 \times 15)} = \frac{12 \times 36 \times 15 \times 4}{2} = 12960$ டன்கள் என்றாகும். எனவே அவ்வீதம் மாறாதுள்ளது. செம்பின் நெடுக்கை மீள்விறல் திறன், சதுர அங்குலத்திற்கு 8400 டன்கள் எடை; ஈயத்தினது, 940 டன்கள் எடை. அவ்வாறே, எஃகின் முறுக்குறுதி மீள் விறல் திறன், சதுர அங்குலத்திற்கு 5350 டன்கள்; செம்பினது 2980 டன்கள்; ஈயத்தினது, 360 டன்கள்.

பாலங்கள், கட்டிடங்கள், முதலானவற்றை நிருமிக்கும் எஞ்சினீயர்களும், நிர்ணயிக்கப்பட்ட செலவில் அவற்றைக் கட்டிமுடிப்பதாக ஒப்பந்தஞ்செய்து கொள்ளும் கண்ட்ராக்டர்களும், அவை அமைக்கப்படும் பொருள்களின் உரம்-

வரித்திட்டப் படம் போடல்

ஞாட்பு-முரண்-முதலான தன்மைகளைக் குறிப்பிடும் திட்டமான அளவைகளை அறிதல், அவசியம். இருப்புப் பாலமொன்று கட்டப்படவேண்டும், எனக்கொள்வோம். முதலாவதாக, அப்பாலத்திற்கான 'வரித்திட்டப்படம்' (பிளான்-**Plan**) வரையப்படவேண்டும். அதில், பாலத்தில் பொருத்தப்படவேண்டிய ஒவ்வொரு கர்டரும், ஒவ்வொரு ஆதாரச் சட்டமும், ஒவ்வொரு தூணும், இன்னும் பலவும், முறையே எவ்வாறு அமைந்திருத்தல்வேண்டும் எனத் திட்பமாய் காண்பிக்கப்படும். அப்பாலம், எவ்வளவு நீளமும் அகலமும் உயரமும் இருக்கவேண்டுமென திட்டஞ்செய்யப்படும்; அப் பாலம் எவ்வரம்புகளுக்குட்பட்ட வளவான கனத்தைத் தாங்குமாறிருக்க வேண்டும், என அறியப்படும். அக் கனத்தினளவு மாறிக்கொண்டிருப்பதை யொட்டி யேற்படும் அதிர்ச்சிகள் எவ்வளவாயிருக்கும், எனக் கணக்கிடப்படும். அதனால் அப்பாலத்தின் கர்டர்கள் முதலானவற்றில் பயத்தப்படும் நெரிவுகள் (ஸ்ட்ரெயின்கள்) எவ்வெல்லைகளுக்குள்ளானவையாய் இருப்பன, எனத் திட்டமாகும். மேற் கூறப்பட்ட விஷயங்கள் பலவும் ஒருமித்துள்ளனவாதலைப் பொருத்தவாறு, பாலம் அமைக்கப்படுவதற்குத் தேவையான பொருள்கள் எவையென்பதும், அவற்றின் அளவைகள் என்னவென்பதும், அவற்றின் எண்ணிக்கைகள் எத்தனையானவை என்பதும், இன்னும் பலவும், முறையே மதிப்பிடப்படுவன. பாலத்து கனமே அதிக வளவாகாதவாறும், அதைக்

கட்டுவதற்கான செலவு மிகுதியாகாதவாறும், அம்மதிப்புத் திட்டங்கள் போடப்படல்வேண்டும். பாலத்தின் வன்மை நியமித அளவைவிடக் குறையாத வாறும், செலவு அதிகமாகாதவாறும், அமைப்பதற்கான மதிப்புத் திட்டங்கள் போடக்கூடிய எஞ்சினியர்களும் கண்ட்ராக்டர்களுமே, திறமையானவர், எனலாம். தராதரமறியாது, தாறுமாறாய் ஏராளமான பணத்தைக்கொட்டிப் பாலங்கட்டல், அறிவீனம். மிகக் குறைந்த செலவில் இரண்டு நாட்களில் இடிந்துவிழும் பாலத்தைக் கட்டல், ஏமாற்றுதல். ஆகவே, பொருள்களின் உரம்-ஞாட்பு-முரண்-மீள் விறல் திறன் முதலானவற்றைத் திண்ணமாய் அளவிட்டறிந்தாலன்றி, எஞ்சினியர்களும் கண்ட்ராக்டர்களும், தாம் மேற்கொண்ட பணிகளைச் செவ்வனே செய்தல், இயலாது. அவ்வாறான அளவைகளைச் செய்யத்தக்கனவான மெஷீன்கள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. அவை விறலவதிச் சோதிப்பு (டெஸ்டிங்கு-**Testing**) மெஷீன்கள் எனப்படுகின்றன.

விறலவதிச் சோதிப்பு மெஷீன்கள் (டெஸ்டிங்கு மெஷீன்கள்)

முரண் திறனவதியைச் சோதிக்கும் மெஷீன் ஒன்றைப்பற்றிச் சற்றுக் கூறலாம். எஃகுக் குச்சியொன்று சோதிக்கப்படுகின்றது, எனக்கொள்வோம். அக் கம்பியின் நுனிப்பகுதிகள், முறையே, அம் மெஷீனின் எஃகினாலான குறுக்குத் தலைப்புக்கட்டைகள் (கிராஸ் ஹெட்டுகள்-**Cross-heads**) இரண்டால் இறுக்கிப் பிடித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன. எஞ்சினொன்றால் சுழற்றப் படும் சக்கரம் ஒன்று, ஊர்தல் திருகுப் பல் சக்கரத்துடன் (வோர்ம் ஜியர்-**Worm Gear**) தக்கவாறு பொருந்தலானது. சோதனைக் குச்சியின் கீழ் நுனி திருகுப்பல் சக்கரத்துடன் (வோர்ம் ஜியருடன்) சறுக்காதபடி உறுதியாய் இறுத்தப்படும் எஞ்சினால் சக்கரம் சுழற்றப்படும்போது, அக் குச்சி படிப்படியாய் நீளுமாறு, அதன் கீழ் நுனி இழுக்கப்படுகின்றது. குச்சியின் மேல் நுனி, விட்டச் சட்டமொன்றின் நுனியொன்றுடன் தக்கவாறு அஞ்சிதமாயிருக்கும். அச்சட்டம் செம்புகோல் முறையையொட்டி ரயில்வேஸ்டேஷன்களில் எடைபோட உபயோகிக்கப்படும் நிறையளவிடு மெஷீன்களைப்போன்று அமைக்கப்பட்ட மெஷீனொன்றின் பொருந்துகோல்களிலொன்றானது. அந் நிறையளவிடு மெஷீன் ரயில்வேஸ்டேஷன்களிலுள்ளவற்றைவிடப் பன் மடங்கு அதிக வன்மையானது. அதில் உபயோகிக்கப்படும் நிறையளவிடுவதற்கான குறிப்புக்குண்டு மிகக் கனமானது. அதைத் தக்கவாறு விட்டச் சட்டத்தின் பல வைப்புக்களில், முறையே, இருக்கும்படி கையால் நகர்த்தமுடியாது. அதை நகர்த்துவதற்கென, மற்றொரு ஊர்தல் திருகுப் பற் சக்கரவஞ்சிதம் (வோர்ம் ஜியர் அர்ரேஞ்சுமெண்டு) உள்ளது. சோதனைக் குச்சியின் கீழ் நுனி இழுபடும்போது, மேல் நுனியும் அவ்வளவேயான அடலுறுத்தலுக்கு (ஸ்ட்ரெஸ் ஸுக்கு) உட்படுகின்றது. ஆதலின் ஆங்கும் நெரிவு (ஸ்ட்ரெயின்) பயத்தப்படும்.

அந் நுனியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள விட்டச் சட்டம், சமமட்டமாயில்லாமல் மேல்நோக்கிச் சாய்ந்தவாறு எழும்பும். அதைச் சம மட்டமான நிலைமைக்குக் கொண்ருமாறு, எடைக்குண்டு நகர்த்தப்படும். நெம்புகோல் முறையையொட்டி இது ‘விசை’ வலிமையானது. சோதனைக்குச்சி இழுபடும் அடலுறுத்து வலிமை, ‘எதிரெடை’ வலிமையானது. எனவே விட்டச் சட்டம் சம மட்டமாயுள்ளபோது, அதில் குறிக்குண்டு வுள்ள இடம் சோதனைக் குச்சி இழுபடும் வலிமையைப் பொருத்ததாய் இருக்கும். குறிக்குண்டின் நிறை இவ்வளவென்று அறியப்பட்டுள்ளது. ஆதலின் நெம்புகோல் முறையையொட்டி, எதிரெடை வலிமை, அதாவது, குச்சி இழுபடும் வலிமை எவ்வளவானது எனக் கணக்கிடப்படலாம். விட்டச் சட்டத்தில் பல விடங்களில் குறிக்குண் டுள்ளபோது, எதிரெடைவலிமைகள், முறையே, எவ்வெவ்வளவாயிருப்பன, எனக் கணக்கிடப்பட்டு, அவ்வளவுகள் சட்டத்தின்மீதே குறிக்கப்பட்டிருப்பன. சோதனைக் குச்சி இழுபடும் அடலுறு வலிமை படிப்படியாய் அதிகரிக்கப் படுகின்றது; தக்கவாறு குறிக்குண்டும் நகர்த்தப்படுகின்றது. சோதனைக் குச்சி படிப்படியாய் நீண்டுகொண்டுவந்து, இறுதியில் அறுபடுகின்றது. அது அறுபடும் தறுவாயிலுள்ளபோது, குறிக்குண்டுவுள்ள இடத்திலுள்ள குறிப்பைக் கொண்டு, அந்நிலைமையில் அடலுறுத்து வலிமை எவ்வளவானது என அறியப் படும். அதுவே, அக் குச்சிக்கான முரண் திறனவதி வலிமையாம். இங்ஙனம், சோதனை செய்யும் மெஷினைக்கொண்டு, முரண் திறன் வலிமையின் எல்லை நிறுத்தலளவை செய்து அறியப்படுகின்றது. உரத் திறனை மேற்கூறிய முறையையொட்டி யளவிடமுடியாது. வயிரத்தால் மற்ற எல்லாப் பொருள் களும் கீறப்படுபவை. கெம்பால் வயிரத்தைக் கீறமுடியாது; ஆனால் எஃகைக் கீறலாம். எஃகால் கெம்பைக் கீறமுடியாது; ஆனால் செம்பைக் கீறலாம். இன்னும் இவ்வாறான கிரமத்தையொட்டி பொருள்களின் தராதர உரத்திறனை யறியலாம். அம் முறையையொட்டி ஒரு பொருள் மற்றொன்றைவிட அதிக உரமானதா, அல்லவா என அறியலாமேயன்றி, ஒரு பொருளின் உரத்திறன் எவ்வளவான யூனிட்டுகள், என்ற எண்ணை அளவை செய்தறியமுடியாது, ஆனால் உரமிக்கதான வயிரத்தின் உரத்திறன், 10, என நிரங்குசமாய் ஏற்படுத் திக்கொண்டு மற்ற பொருள்களின் திறன் தரங்களை யொட்டிய எண்களை மதிப்பிடலாம். இவ் வகையில், குருந்தக்கல்லின் (**Corundum**) உரத்திறன், 9, புஷ்பராகம் (**Topaz**) 8, ஸ்படிகம் (**Quartz**) 7, வெண்பாராங்கல் (பெல்ட்ஸ்பார்- **Feldspar**) 6, கூழாங்கல் (**Apatite**) 5, நீலக்கட்டி (**Flour spar**) 4, சலவைக் கல் 3, வெண் கல் அல்லது சந்திரகாந்தக்கல் (**Alabaster**) 2, மாவுக்கல் (**Talc**) 1, என்ற தராதர அளவினவை. எஃகின் உரத்திறன் எவ்வளவு என அறியவேண்டும் எனக் கொள்வோம். எஃகு ஸ்படிகத்தால் கீறப் படுவது; அதனால் வெண் பாராங்கல் கீறப்படுவது. எனவே எஃகின் உறத்திறன் எண் $6\frac{1}{2}$ எனக் கொள்ளப்படும். குத்துமதிப்பாக, 1-2 உரன் திறனுனவை,

நமது நகத்தால் சுரண்ட இயன்றவை; 3-6 உறத்திறனுனவை, கத்தியால் கீற இயன்றவை; 7-10 கத்தியாலும் கீற இயலாதவை, எனலாம். உலோகங் களைப்பொருத்தவரை, உரன் திறன்களை திட்டமாய் அளவிடும் முறையொன்றை எஞ்சினீயர்கள் கொண்டுள்ளனர். சோதனை யுலோகத்தினுள், ஓரளவான எஃகுக் குண்டு ஒன்று புகவேற்றப்படுகின்றது. அக் குண்டைப் புகுத்தும் அழுத்துவலிமை, நாம் முன் கூறிய வழியே, திண்ணமாய் அளவிடப்படும். குண்டு பதிந்த குழியும் அளவிடப்படுகின்றது. அவற்றைக்கொண்டு, உரத்திறன் திட்டமாய்க் கணக்கிடப்படும். இச் சோதனையில், சாதாரணமாக, மூன்று டன்கள் வலிமை ஆற்றுவிக்கப்படும். கண்ணுடி-கல்-இன்னோன்ன பொருள்கள் மேற்கூறப்பட்ட வகையில் சோதனை செய்யப்பட முடியாதவை. அவற்றை அழுத்திக் குழிப்பதிப்பிக்க முடியாது. அழுத்த மதிகமாயின், அவை பிளந்து துண்டுகளாய்விடுவன. அடுத்ததாக, திடப்பொருளின் வளையுறுதி அல்லது ஞாட்புத் தன்மையைக் கவனிக்கலாம். அத்திறனைத் திட்டமாய் அளவிடல் அசாத்தியம் எனக் கூறிவிடலாம். ஆயினும், அதை ஒருவாறு மதிப்பிடு வதற்கான முறையொன்றை எஞ்சினீயர்கள் அனுசரிக்கின்றனர். எஃகின் ஞாட்புத்திறன் எவ்வளவென அறியவேண்டுமாயின், அவர்கள், ஓரளவான எஃகுச் சட்டத்தை எடுத்துக்கொண்டு, அதை இரண்டாய் மடக்கிப்பின் நெகிழ்த்துகிருர்கள். அவ்வாறே அது ஒடியும்வரை, பல தடவைகள் செய்கிருர்கள். ஒடிவதற்கு முன் எத்தனை தடவைகள் மடக்கி நெகிழ்த்தப் படலாம் எனக்கண்டு, அதன் ஞாட்பத்திறனையொட்டிய அறிகுறி யெண் என்ன வென்பதை அறியலாம். அவ்வாருன கடும் சோதனைக்குட்பட்டு சிறப்புடன் தேரும் பொருள்களானவை, செம்பும் முதல் ரக எஃகுமாம்.

உலோகங்களை உருக்கி வார்த்து நமக்கு வேண்டியனவான உருவங்களை அமைக்கலாம், என நாம் அறிவோம். 'வார்ப்படம்' (**Casting**) செய்தல், என்பது உலோக வேலை வகைகளில் முக்கியமானதொன்று. வார்ப்புக்கு எடுத்த உலோகங்கள் சிலவே. நிக்கலும் அதைப்போன்ற உலோகங்கள் சிலவும், உருகித் திரவமாயுள்ள போது, நீரைப்போல் ஓடாமல், விளக்கெண்ணெ யைப்போல் மந்தமாய் அசைகின்றன. எனவே, அவை, வார்ப்பட அச்சில் சரியாய்ப் பரவுவதற்குள், இறுகிவிடுபவை. ஒரு உலோகம் உருகுவதற்கான வெப்பநிலை (டெம்பரேசர்) அதன் 'உருக்கு வெப்பநிலை' (**Melting Point**) எனப்படும். ஒரு உலோகத்தின் உருக்கு வெப்பநிலை மற்ருென்றினதாயும் இருக்காது. உருக்கு வெப்பநிலை அதிக வளவாயுள்ள பிளாடினம், சுத்த இரும்பு, முதலான உலோகங்களை உருக்கல், கஷ்டம். எனவே, அவை வார்ப்பு வேலைகளுக்குப் பயன்படுபவை அன்று. வார்ப்புத் தொழிலில், சுத்த உலோகங் கள் சிலவும், கலவையுலோகங்கள் (அல்லாய்கள்-**Alloys**) சிலவும் உபயோகப்

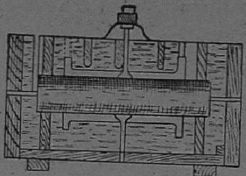
உருக்கு வெப்பநிலை

படுகின்றன. வார்ப்புக்கான சுத்த வுலோகங்களிலொன்று, காரீயம். பாத்திரங்கள், அலங்காரக் குழாய்கள், சிறு பிரதிமைகள். முதலானவை ஈயம் வார்க்கப்படுவதையொட்டி செய்யப்படுபவை. ரஸாயனத் தொழிற்சாலைகளில் உபயோகிக்கப்படும் கருவிகள் பல, ஈயத்தினாலானவை. ஆனால் பெரும் வார்ப்படவமைப்புக்கள் ஈயத்தினாலானவையன்று. ஏனென்றால், ஈயத்தின் செறிவும் விலையும் அதிகமானவை ; பெரும் வார்ப்படங்கள் அதிக கனத்தினவாக ஆய்விடும் ; அவற்றை அமைப்பதற்கான செலவும் அதிகமாய்விடும். இன்னும் ஈயம், கடினமாயில்லாது பதமையாயுள்ள உலோகம் ; அதைக்கொண்டு பெரும் வார்ப்படங்கள் அமைக்கப்பட்டால், அவை தமது கனத்தையே தாங்கமுடியாது கூனிவிடுவன. அல்யூமினிய வார்ப்பட சாமான்கள் எங்கும் புழங்கப்படுகின்றன. அதன் உருகு வெப்ப நிலை, 657°C (சுத்த இரும்பினது-1527°C, பிளாடினம் -1773°C). ஆதலின் அதை உருக்கி வார்ப்பது எளிதேயாம். அது செறிவு குறைந்தது (அல்யூமினியத்தின் செறிவு-கன அங்குலத்திற்கு $1\frac{1}{2}$ அவுன்ஸ் ; சுத்த இரும்பினது-$4\frac{1}{2}$ அவுன்ஸ் ; ஈயத்தினது 6 அவுன்ஸ்). எனவே, அல்யூமினியச் சாமான் ஒன்று, அதன் பருமனேயானவாறு மற்ற பல உலோகங்களால், முறையே, செய்யப்பட்டவற்றைவிட, அதிக லேசாய் இருக்கும். அல்யூமினியம், உரன்-ஞாட்பு-முரண்-என்ற மூன்றிலும் குறைந்த திறனுனது ; மிக மலிவானதுமன்று. உரன்-ஞாட்பு-முரண் என்ற பண்புகளும், சரசவிலையும் ஒரு பொருட்டாய்க் கருதப்படாமல் இலேசுத் தன்மையே முக்கியமாய் மதிக்கப்படுவதும், ஆன அமைப்பு வேலைகளைச் செய்ய, அது மிகவும் உபயோகிக்கப்படுவது. மோட்டார்கார்களிலும் எரோப்ளேன்களிலும், இலேசுத் தன்மையே முக்கியமாயான அமைப்புக்கள் பலவுள்ளன. அவை அல்யூமினியத்தால் வார்க்கப்படுகின்றன. வார்ப்பட வுலோகமானவாறு செம்பு அதிகமாய் உபயோகிக்கப்படுவதில்லை. அது, தகடுகளாய் அடிக்கப்படவும், கம்பிகளாய் இழுக்கப்படவும் பயன்படுவது. சுத்த இரும்பின் உருகு வெப்பநிலை அதிகமாயுள்ளதால், அதுவும் வார்ப்பட வேலைக்கு எடுத்துக்கொள்ளப்படுவதில்லை. பண்ணுறு இரும்பு வார்க்கப்பட்டால், அதன் நார்கள் இரிந்துபோய்விடும் ; எனவே, அது வார்ப்பு உலோகமாய்ப் பயனுவதில்லை. வார்ப்பு இரும்பும் (காஸ்ட் ஐரனும்-**Cast Iron**), மித ரக ஸ்டீலும், வார்ப்படங்களுக்கென அதிகமாய் உபயோகிக்கப்படுபவை. விளிம்புகட்டின ஒரு மோஸ்தர் வார்ப்பிரும்புக்குழாய்கள் பல நமக்கு வேண்டும் என வைத்துக்கொள்வோம்.

வார்ப்படங்கள் அமைத்தல்

அம் மோஸ்தரைத் தெளிவாய்க் காட்டும் திட்டமான படமொன்று முதலில் வரையப்படவேண்டும். அவ்வகைப் படங்களை வரைகின்றவர், மோஸ்தா படம் வரையிகள் (டிஸைனர்கள்-**Designers**) எனப்படுவர். அப்படத்தை பொருவச் செதுக்கி (பாட்டர்ன் மேக்கர்-**Pattern Maker**) ஒருவரிடம் தந்தால், அவர் நமக்கு வேண்டியதான குழாயொன்றின்

அளவும் வடிவமும் ஆன, 'சந்தமானல்' (மாடல்-**Model**) ஒன்றை மரக் கட்டையில் செய்து தருவார். அந்த சந்தமானலை (மாடலை), அச்சுவமைப்பி (மோல்டர்-**Moulder**) ஒருவரிடம் அனுப்பவேண்டும். அவர், அந்த சந்த மானலியின் (மாடலின்) மேற்பரப்பு முழுவதுப், கவியப்பட்டவாறு, ஒருவகைக் களிமண்ணை நெருக்கமாய் அழுத்தி அமைப்பார். அச்சந்தமானலி (மாடல்) கெட்டியான தடித்தக் களிமண் போர்வையால் இறுக்கி மூடப்பட்டிருக்கும். அக் களிமண்ணின் பெரும் பகுதி ஒரு வகை நுண்மணலாலானது ; மணலின் பிடிப்பு விடாது கெட்டிப்பட்டிருப்பதற்காக, அதனுடன் கொஞ்சம் மாவும்,



படம் 119
வார்ப்பட அச்சு

வெல்லப்பாகும் (ட்ரியாகிளும்-**Treacle**) கலக்கப்பட்டிருக்கும். களிமண் ஈரமுலர்ந்துபோகும். வேண்டிய மோஸ்தரான, வார்ப்பச்சு, உறுதியாய் ஆவரணஞ் செய்யப்பட்டவாறு அமைக்கப்படுகின்றது. அவ்வச்சு, சரிநடுவாய், நெடுக வெட்டப்பட்டு, இரு பகுதிகளாய் ஆக்கப்படும். இரு பகுதிகளும் ஒன்றுய்ப் பொருந்தியுள்ளபோது, நடுக்கூட்டிடம், நாம் விரும்பிய மோஸ்தரைச் சரியாய் ஒத்திருக்கும். குழாயின் நடுக்கூடு விடப்படுவதற்கான, 'நடுத்திணி' (கோர்-**Core**) அச்சு ஒன்று செய்யப்படவேண்டும். அதுவும் மேற் கூறப்பட்ட வகையான களிமண்ணுல் செய்யப்பட்டு உலர்ந்தபின் சூளையில் சுடப்படும். அவ்வச்சுகள், முறையே தக்க இடத்தில் நாட்டப்படுகின்றன. வெளியச்சுவில் உருக்குலோகத் திரவம் ஊற்றப்படுவதற்கான துவாரம் விடப்பட்டிருக்கும். அதைத்தவிர, அச்சின் நெடுக, சிறு ஓட்டைகள் பல விடப்பட்டிருப்பன. அச்சினுள் ஊற்றப்படும் திரவத்தால் அகற்றப்படும் காற்றும் ஆவியும் வெளியேறு வதற்கென, அவ்வோட்டைகள் விடப்படுகின்றன. உருக்குலோகம் அச்சில் ஊற்றப்பட்டு, இறுகிக் குளிர்ந்து வார்ப்பு அமைந்தபின், அச்சுப்பகுதிகள் கழற்றப்படுகின்றன. வார்ப்பட உருவின் மேற்பரப்பு சற்றுக் கரடு முரடா யிருக்கும். வர்ணங் கொடுக்கப்போவதாயிருந்தால், அதை அப்படியே விட்டு' விடலாம். வர்ணம் பூசப்படாது உபயோகிக்கப்படுவதானுல், அதை 'மெஷீன்' செய்யவேண்டும். அதாவது; அதைத் தக்கவாறு கடைச்சல் மெஷீனுல் (லேத்தால்-**Lathe**) பண்படுத்தவேண்டும் ; அல்லது அரைக்கும் மெஷீனை

(மில்லிங்கு மெஷீன்-**Milling Machine**) க்கொண்டு, தக்கவாறு தேய்வுறச் செய்து பண்படுத்தலாம். வார்ப்பிரும்பு, திரவமாயிருந்து திடமாய் இறுகும்போது, சற்று பரவலாய் ஆகின்றது. ஆதலின், அது அச்சின் மூலை முடுக்குகளிலுங்கூட நன்கு பொருந்துகின்றது; வார்ப்படம் திட்டமாய் உள்ளது. அவ்வாறு, திரவம் திடமாய் இறுகும்போது, பருமன் அதிகமாகின்ற உலோகங்கள் சிலவே. அச் சிலவற்றில் 'ஆண்டிமனி' என்பதும் ஒன்று. அது சிறிது வெண்மை கலந்த சாம்பல் நிறமானது. சுத்த ஆண்டிமனி, அலங்காரங் சாமான்கள் சிலவற்றைச் செய்தற்கெனப் பயன்படுவது; அதைத் தவிர மற்ற வகைகளில் பயனற்றது; ஏனென்றால், அது கொய்தானது (பிரிட்டிலானது). ஆயினும், 30% ஆண்டிமனியும், 55% காரீயமும், 15% வெள்ளீயமும் கலவையான உலோகம், உரமாயுள்ளது; சற்று ஞாட்பும் ஆனது. அக் கலவை உலோகமும் (அல்லாயும்) இறுகும்போது, பருமன் அதிகமாவது. அக் கலவையுலோகம், பொறிப்பு வுலோகம் (டைப் மெடல்-**Type metal**) எனப்படுவது. அது, அச்சு எழுத்துகள் வார்க்க மிகவும் பயன்படுவது. அதைக்கொண்டு மிகத்திட்டமான வார்ப்படங்கள் அமைக்கலாம். இப்பக்கம் முழுவதுமுள்ளதை, அதிலுள்ள ஓரெழுத்தின் அளவான இடத்தில் அடங்கும்படி, அவ்வுலோகத்தைக் கொண்டு வார்ப்படம் செய்து, அச்சிட இயலும். அவ்வளவினதான பக்கத்திலுள்ள எழுத்துக்களை தனித்தனியாய்க் கண்ணால் நேரே காணல் இயலாது. ஆனால் மைக்ராஸ்கோப்பின் வழியே நோக்கினால், இப்பக்கத்தைப்போலவே அது தென்படும். ஓரோர் எழுத்தும் சிலும்பல்கள் இல்லாமல் தெளிவாய்க் காணப்படும்.

நிலக் கவர்ச்சியியல்

திரவங்களை இனிக் கவனிக்கலாம். திரவமொன்று ஒரு பாத்திரத்தில் ஊற்றப்பட்டால், அது ஓரளவு வரையான இடத்தையே நிரப்புகின்றது. அப்படி அது பாத்திரத்தில் நிற்கும்போது அதன் மேற்பரப்பு சம மட்டமாயுள்ளதைக் காண்கிறோம். அப்படியிருப்பதற்கான காரணம் என்னவென்பதைக் கூறலாம். ஒரு வஸ்துவை எவ்வாதாரமுமின்றி விட்டுவிட்டால் அது நிலத்தை நோக்கிவிழும், என நாம் நன்கு அறிவோம். எல்லாப் பொருள்களையும் தன்னிடம் இழுத்துக்கொள்ளும் சக்தி பூமிக்கு வாய்ந்துள்ளது. அவ் வலிமைக்கு, நிலக்கவர்ச்சி வலிமை (கிராவிடேஷனல் போர்ஸ்-**Gravitational Force**) என்று பெயர். ஒரு வஸ்துவின் 'கனம்' என்பது அதன் 'நிறை' நிலக்கவர்ச்சிக்குட்படுவதால் ஏற்படும் வலிமை. ஒரு வஸ்துவின் 'கனம்' அதன் நிறையைப் பொருத்தது, என நாம் அறிவோம். எனவே, அதிக நிறையான வஸ்துவொன்றில் நிலக்கவர்ச்சியால் பயத்தப்படும் வலிமை அதிகமாகவும், குறைந்த நிறையான வஸ்துவொன்றில் அவ்வலிமை குறைந்தும் உள்ளன. ஆனால் நிலக்கவர்ச்சி எல்லாவற்றிற்கும் பொதுவானது. பிரயோக

வலிமை எனப்படுவது, நிறையையும் மற்றொரு இலக்ஷணமொன்றையும் பொருத்தது. நிலக் கவர்ச்சியின் அவ்விலக்ஷணமே எல்லாவற்றிற்கும் பொதுவானது. அவ்விலக்ஷணம் முடுக்கவீற்று (ஆக்ஸிலரேஷன்-**Acceleration**) எனப்படும். நிலக்கவர்ச்சியின் முடுக்கவீற்று, எல்லா வஸ்துக்களுக்கும் பொதுவானது. ஆனால் அதன் அளவு உலகம் முழுவதிலும் நிகரானதன்று. துருவப் பாங்குகளில் அது சற்று அதிகமாகவும், மத்திமப் பாங்குகளில் சற்றுக் குறைவாகவும் உள்ளது. (வடதுருவம் - ஸெகண்டு ஸெகண்டிற்கு 983·21 ஸெ. மீ; மத்திமப் பாங்கு-ஸெகண்டு ஸெகண்டிற்கு 978·03 ஸெ. மீ.) எனவே ஒரு நிறையேயான வஸ்துவொன்றின் கனம், அது உலகில் எப்பாங்கிலுள்ளது என்பதைப் பொருத்தவாறு வேறுபடும். சாதாரணத் தராசினால் ஒரு வஸ்துவை நிறுக்கும்போது, படிக்கல்கள்-நிறுக்கப்படும் வஸ்து-என்ற இரண்டும் ஒரேயளவான நிலக்கவர்ச்சி முடுக்கவீற்றுக்கு உட்பட்டவை. ஆதலின் அவ் வஸ்துவின் 'நிறை' அளவிடப் படுகின்றது. படிக்கல்களின் நிறையும், வஸ்துவின் நிறையும் நிகராயுள்ளன. இரண்டும் ஒரேயளவான முடுக்கவீற்றுக்குட்பட்டுள்ளமையின் இரண்டின் கனங்களும், முறையே நிகராயுள்ளன. வில் தராசினால் (**Spring Balance**) ஒரு வஸ்துவின் 'கனம்' அளவிடப்படுகின்றபோது அதன் வீதமானவாறு 'நிறை' உள்ளது. அவ் வீதம் உலகின் பல பாங்குகளில் வேறுபட்ட அளவினதாதலால், வில் தராசினால் நிறுக்கப்படும் 'நிறை' திட்டமானதல்ல. உலகின் மத்திமப் பாங்கில் சரியாய் ஒரு 'சேர்' கனமாயுள்ள வஸ்து, துருவப் பாங்கில் 1 சேர் 14 குன்றிமணி 'கனம்' இருக்கும். அதன் 'நிறை' மாறுகிறது. கனத்தின் வேறுபாடு நிலக்கவர்ச்சி முடுக்கவீற்றின் வேறுபாட்டை யொட்டித் தோன்றுவது. வில் தராசால் நிறுக்கப்படுவது 'நிறை' யென நாம் தவறாய் எண்ணிக் கொண்டால், அதன் நிறை, 1 சேர் 14 குன்றிமணியெனக் கூறிவிடுவோம். அவ் வஸ்துவை சாதாரணத் தராசால் நிறுத்துப் பார்த்தால் அதன் நிறை 1 சேராயிருப்பதைக் காண்போம். ஆனால் 1 சேர் = 2560 குன்றிமணி யானதால், வில் தராசு அளவை செய்யும் 'நிறை' $\frac{14}{2560} \times 100 = 0{\cdot}55\%$ அல்லது ஆயிரத்தில் ஐந்தரையான வீதவே, பிசகானது. சாதாரணமாய், நாம் அதைப் பொருட்படுத்துவதில்லை. ஆனால் திட்டமான அளவைகள் செய்யப்படும்போது, அது பொருட்படுத்தப்படுமளவுப் பிழையாகும். இனி முடுக்கவீற்று (ஆக்ஸிலரேஷன்) என்றால் என்ன வென்பதைக் கவனிப்போம். ஒரு வஸ்து நிலைப்பாயிருந்தால் அதைச் சலனமாக்க, வலிமைப் பிரயோகிக்கப்பட வேண்டும்; அது மாறிக்கொண்டிருக்காத வேகத்துடன் சலனமாய்க்கொண்டிருந்தால் அதை நிறுத்தவும் வலிமை வேண்டப்படும்; அதி வேகமாய்ச் சென்றுகொண்டிருப்பதின் வேகத்தைக் குறைக்கவேண்டுமாயினும், மெதுவாய்ச் சென்றுகொண்டிருப்பதின் வேகத்தை அதிகப்படுத்தவேண்டுமாயினும் வலிமை ஆற்றுவிக்கப்படவேண்டும். ஆகவே வஸ்துக்கள் தாமாகவேயுள்ளபோது தமது

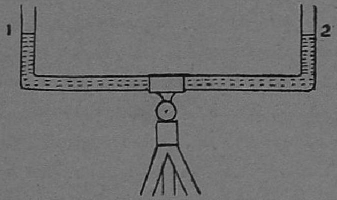
வேக நிலைமை மாறுதுள்ளவை. அத் தன்மை 'ஆளுமை' (இனர்ஷியா-**Inertia)** எனப்படும். அவற்றின் ஆளுமையை வெல்வது வலிமை. வலிமைப் பிரயோகிக்கப்படும்போது, வஸ்துவொன்றின் வேகம் வேறுபடுகின்றது. அவவாறுன வேக வேறுபாட்டிற்கே 'முடுக்கவீற்று' (ஆக்ஸிலரேஷன்) என்று பெயர். ஒரு ரயில்வண்டித் தொடர் மணிக்கு ஐந்து மைல்கள் என்ற வேகத்துடன் போய்க்கொண்டுள்ளது என வைத்துக் கொள்வோம். அது ஒரு நிமிஷத்தில், $\frac{5}{60} = \frac{1}{12}$ மைல்கள் $= \frac{1}{12} \times 5280 = 440$ அடி என்ற வேகத்துடன் போகின்றது. ஒருநிமிஷத்தில் அதன் வேகம் நிமிஷத்திற்கு 528 அடிகள் (அதாவது மணிக்கு 6 மைல்கள் வேகம்) என்று எஞ்சினின் வலிமைப் பிரயோகத்தால் அதிகமாகின்றது. எனவே ஒரு நிமிஷத்தில் உண்டாகும் வேகமாற்றம் $528 - 440 = 88$ அடி ஆகும்; முடுக்க வீற்று, நிமிஷத்திற்கு நிமிஷம் 88 அடி என ஏற்படும். வேகம் அதிகப்படுவதற்கு, 'இடமுடுக்கவீற்று' (பாஸிடிவ் ஆக்ஸிலரேஷன்) என்று பெயர். அதற்கென பிரயோகிக்கப்படும் வலிமை, இடவலிமை (பாஸிடிவ் போர்ஸ்) எனப்படும். மணிக்கு 5 மைல் வேகத்துடன் சென்றுகொண்டுள்ள வண்டித் தொடரின், வேகம், ஒரு நிமிஷத்திற்குள், மணிக்கு 4 மைல்கள் என்று, தகைப்பிடிப்பி களின் (ப்ரேக்குகளின்-**Brakes**) எதிர் வலிமைப் பிரயோகத்தால் குறைந்தால், முடுக்கவீற்று நிமிஷத்திற்கு நிமிஷம் 80 அடி எனவேயுள்ளது. ஆயினும் அளவு ஒன்றேயாயினும், விளைவுகள் ஒன்றேயானவையன்று. வேகம் குறையும்படி ஏற்படும் 'முடுக்கவீற்று', 'மறு முடுக்கவீற்று' (நெகடிவ் ஆக்ஸிலரேஷன்) எனப்படும். அதற்கான வலிமை, 'மறு வலிமை' (நெகடிவ் போர்ஸ்) எனப்படும். ஆகவே வலிமையுறுத்தப்படுவதையொட்டி, ஒரு வஸ்துவின் 'முடுக்க வீற்று' பயத்தப்படும் எனவும், முடுக்க வீற்றுன தொன்று வலிமைப் பிரயோகத்திற்குட்பட்டது எனவும் அறிகிறோம். நிகரளவான இரு வலிமைகள் வெவ்வேறு நிறையான இரு வஸ்துக்களின்மீது, முறையே, ஆற்றுவிக்கப்பட்டனவாயின் அதிக நிறையான வஸ்துவில் குறைந்த வளவான முடுக்கவீற்றும், குறைந்த நிறையான வஸ்துவில் அதிக வளவான முடுக்க வீற்றும் பயத்தப்படுவன. வலிமை ஒரு வஸ்துவின் ஆளுமையை நீங்கச் செய்வது என மேலே கூறியுள்ளோம். நிறையதிகமான வஸ்துவில் குறைந்த வளவான, முடுக்கவீற்று ஏற்படுவதற்கான காரணம், அதன் ஆளுமை அதிகமாயுள்ளதால், எனலாம். எனவே, ஒரு வஸ்துவின் நிறை, அதன் ஆளுமையை அளவிடுவது. ஆகையால் ஒரு வஸ்துவின் நிறையையும் அதில் ஏற்படும் முடுக்க வீற்றையும் பொருத்தவாறு, வலிமையின் அளவு இருப்பது, என, அறிகிறோம். தெரியற் செய்கை முறைப்படி, நிறையின் யூனிட் 'கிராம்'. (ஒரு கிராம் கிட்டத்தட்ட பத்து குன்றிமணி நிறையானது); முடுக்கவீற்றின் யூனிட், ஸெகண்டு ஸெகண்டிற்கு 1 ஸெ. மீ. (ஸெண்டிமீடர்). எனவே ஒரு கிராம் நிறையான வஸ்துவில், ஸெக்கண்டு ஸெக்கண்டிற்கு 1 ஸெ. மீ.

ஆன முடுக்க வீற்று பயத்தட்படுவதற்கென வேண்டப்படும் வலிமையின் அளவு, வலிமையின் யூனிட்டாகும். அந்த யூனிட் 'டைன்' (Dyne) எனப்படு கின்றது. உலகின் ஒரு பாங்கில், நிலக்கவர்ச்சி முடுக்கவீற்று ஒரேயளவா யிருப்பதால், ஆங்கு, அளவைகள் செய்யப்படும்போது, 1 கிராமின் கனம், அதாவது 1 கிராம் நிறை அவ்விடத்திற்கான நிலக்கவர்ச்சி முடுக்கவீற்றுட னுள்ள போதான வலிமை, யூனிட்டாய்க் கொள்ளப்படும். இது நிலக் கவர்ச்சி யியல் (கிராவிடேஷனல்-**Gravitational**) யூனிட், எனப்படும். எனவே இம் முறையையொட்டி வலிமையின் அளவு கனத்தினுல் குறிப்பிடப்படும். நிலக்கவர்ச்சியியல் யூனிட்டினுல் செய்யப்படும் அளவைகள் உலகின் பாகங்கள் பலவற்றிலும் ஒரேயளவாகயில்லாமல், ஒன்றினின்றொன்று சற்று வேறுபட் டிருப்பன. உலகின் மத்திமப் பாங்கில் 1 கிராம் கனம் என்ற நிலக்கவர்ச்சியியல் யூனிட், 978·03 டைன்களைக் குறிப்பிடும்; துருவப் பாங்கில் 1 கிராம் கனம் என்ற யூனிட் 983·21 டைன்களைக் குறிப்பிடும்.

திடப்பொருள்களிலும் திரவங்களிலும் நிலக் கவர்ச்சியால் ஏற்படும் விளைப்பாடுகள்

இனி நிலக்கவர்ச்சி வலிமையால் திடப்பொருள்களிலும் திரவப் பொருள் களிலும் எற்படும் விளைப்பாடுகளை (எபக்டுகளை-**Effects**) க்கவனிப்போம். திடப் பொருளின் மூலத்துகள்கள், படிக வுருவிகளாயமைந்த கிராதியடைப் புடன் எலக்ட்ரான் பந்தனங்களால் பிணைக்கப் பட்டவை, எனக் கூறியுள்ளோம். அவ்வாறு வலிவான பிணைப்புகளுடனுள்ளவை யாதலின், அவை நிலக் கவர்ச்சி வலிமைக்குட்பட்டபோது நிலை குலையாதுள. திடப் பொருள் உருக் குலையாது, முழுமையானவாறு, முடுக்கவீற்றினதாகி கீழே விழுகின்றது. சாமான்கள் போட்டு இழுத்துச் செல்லும் வண்டி யொன்றில், பல சாமான்களைக் குவித்து, அவற்றைக் கட்டாமல் விட்டுவைத்து, வண்டியை படிப்படியாய் வேகம் அதிகமாகுமாறு இழுத்துக்கொண்டேபோனுல், அச்சாமான்கள் தடதடவென்று சரிந்து விழுகின்றன. அவற்றை நன்ருய்ச் சேர்த்து இறுக்கிக் கட்டியிருந்தால், அப்படி அவை குலைந்துவிடாதுள்ளன. அவ்வாறே, நண்கு பிணைக்கப்பட்டுள்ள திடப்பொருள் மூலத்துகள்கள் நிலை குலையாதுள்ளன. அத் திடப்பொருளை மேசைமீது வைத்தால், மேசை அதைத் தாங்கிக்கொள்ளும். அப் பொருள் மேசைமீது அமர்ந்துள்ள இடத்தில் திடப்பொருள் முழுவதிலுமாய் நிலக்கவர்ச்சி கீழிழுக்கும் வலிமைப் பிரயோகிக் கப்படும்; அப்பொருள் கீழே விழாதபடி, அவ் வலிமைக்கு நிகரான வலிமை அவ்விடத்து மேசை பகுதியால் மேல் நோக்கி ஆற்றுவிக்கப்படும். பொருள் கீழே விழாமலுள்ளது. அப் பொருளிலுள்ள மூலத்துகள்கள் நிலக்கவர்ச்சி வலிமைக்குட்பட்டிருப்பினும், அவை நன்கு பிணைக்கப்பட்டுள்ளமையின் சரிந்துவிடாமல் உள்ளன. பொருள் உருக்குலையாதுள்ளது. அவ்வாறே,

எவ்வாட்டத்தில் வலிமை ஆற்றுவிக்கப்படுகின்றதோ, அவ் வாட்டத்தில்மட்டுமே, தானும் வலிமையைப் பிரயோகிக்க வல்லது. திரவங்களை இனிக் கவனிப்போம். மேசையின்மீது திரவமொன்றை ஊற்றினல், அது மேசைமீது பரவி விடுகின்றது. திரவ மூலத்துகள்கள் ஒன்றுடனென்று நன்கு பிணைந்தவையன்று. எனவே நிலக் கவர்ச்சி வலிமைக்குட்பட்டபோது, சரிந்துவிடுகின்றன. ஒரு பாத்திரத்தில் திரவமொன்றை ஊற்றினல், மூலத்துகள்கள் மேற்கூறிய வாறே சரிகின்றன. ஆனல் அவை மேலும் மேலும் சரிந்துவிடாதபடி பாத்திரத்தின் பக்கங்கள் அவற்றைத் தாங்கிக்கொள்கின்றன. மூலத்து கள்கள் எல்லாம் முறையே சரிந்துகொண்டுள்ளமையின், திரவத்தின் மேல்மட்டம் எற்றத் தாழ்வின்றி சமமாயுள்ளது. எனவே, நிலக்கவர்ச்சி வலிமையின் விளைப்பாடாய் (எபக்டாய), திரவங்கள் அவையூற்றப்பட்டுள்ள பாத்திரங்களில் சம மட்டமான மேற்பரப்புடன் நிற்கின்றன. திடப்பொருள்கள் நிலக்கவர்ச்சி வலிமையால் இழுபட்டபோது, அவற்றைக் கீழே விழாமலிருக் கும்படி செய்ய, அவற்றின் கீழ்மாட்டில் ஆதாரமிருந்தால் போதுமானது. அவற்றின் கனவலிமையினலான அமுக்கம் கீழ்நோக்கிமட்டும் அழுத்துகின்றது. திரவங்கள் நிலக் கவர்ச்சியால் இழுபடும்போது, அவை பக்கவாட்டங்களிலும் சரியும் தன்மையானவை என மேலே கூறினேம். எனவே, அவற்றின் கனத்தினலான அமுக்கம் பல வாட்டங்களிலும் பிரயோகிக்கப்படுகின்றது. எனவே, திரவங்களில், ஒரு வாட்டத்துப் பிரயோகிக்கப்படும் வலிமையினலான அமுக்கம், பலவாட்டங்களிலும் ஒச்சப்படுகின்றது (ட்ரான்ஸ்மிட் ஆகின்றது-**Transmitted**). திரவமொன்றின் மேற்பரப்பு சமமட்டமானது, என்பதை யொட்டி, நீர்மட்டக்கருவி (**Water Level**) சாராயமட்டக்கருவி (ஸ்பிரிட்



படம் 120

நீர் மட்டக் கருவி (**Water Level**) **1, 2,** நீரின் மட்டங்கள்.

லெவல்-**Spirit Level**) என்றவை அமைக்கப்படுகின்றன. அவற்றைக்கொண்டு, எதாவதொரு பரப்பு, வான்தொடுவெவதி மட்டத்திலிருந்து (ஹாரிஜாண்டலி லிருந்து) எவ்வளவு சாய்ந்தது, என அளவிடலாம். ஒரு நுனி அடைக்கப் பட்டதான சற்று வளைவான கண்ணடிக் குழாய் ஒன்று காற்றிருக்கச் சிறிதிடம் விடப்பட்டதுபோக மீதியான இடம் முழுவதும் சாராயத்தால்

(ஸ்பிரிட்டால்) நிரப்பப்படும். பிறகு அக்குழாயின் மற்றொரு நுனியும் மூடப்படும். அக் குழாய் படுக்கை வாட்டமாய் வைக்கப்பட்டு, மேற்புறத்தில் பெரும்பகுதி திறப்பானவாறு ஒரு உலோகக் கவசத்தினுள் பொருத்தப்படும். அக் குழாயின் சரி நடுவில் ஒரு குறியும் அதன் இரு வாட்டங்களிலும்.

படம் 121

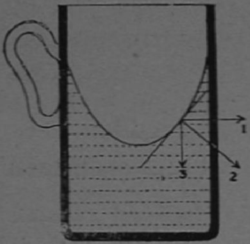
சாரர்ய மட்டம் (Sprit Level)

முறையே நிகரான தூரங்களில் குறிகளும் இடப்படும். கவசத்தின் கீழ்ப்புறம் சமமட்டமாயிருக்கும். இதுவே 'சாராயமட்டம்' (ஸ்பிரிட் லெவல்) எனப்படும் கருவி. அது, எதாவதொரு பரப்பின்மீது வைக்கப்படும்போது, அதிலுள்ள காற்றுக்குமிழியின் சரி நடு, குறிப்பிடப்பட்ட சரி நடுவுக்கு நேரேயிருந்தால், அப்பரப்பு வான்தொடுவவதிமட்டமானது (ஹாரிஜாண்டலானது). காற்றுக் குமிழின் சரி நடு, வேறு குறிப்பின் நேரேயிருந்தால் அக் குறிப்பு சரி நடுக் குறிப்பினின்று எவ்வளவு தூரமானது என அளவிட்டு அதைக்கொண்டு, அப்பரப்பு வான்தொடுவவதிமட்டத்திலிருந்து எவ்வளவு சாய்ந்தது எனக் கணக்கிடலாம்.

திரவமொன்றின் மேற்பரப்பு சம மட்டமாயிருத்தல், என்பது, நிலக் கவர்ச்சி வலிமையால் பயத்தப்பட்ட விளைப்பாடு (எபக்ட்) என மேலே கூறினேம். நிலக்கவர்ச்சி வலிமையுடன் கூட, மற்ற வலிமைகள் பிரயோகிக்கப் பட்டவாருனபோதும், தனது மூலத்துகள்களிடை யுள்ள கவர்ச்சி வலிமை, நிலக்கவர்ச்சி வலிமை யைவிட அதிகமாயுள்ளவாருன நிலைமையேற்பட்ட போதும், திரவத்தின் மேற்பரப்பு சம மட்டமாய் இருக்காது. மெல்லிய கண்ணுடிக் குழாயொன்றை நீரில் வைத்தால், அக் குழாய்க்குள் நீர் ஏறியிருப்பதைக் காணலாம். அந் நீர் வெளியிலுள்ள நீரின் மட்டத்தைவிட உயர்ந்துள்ளது. அதன் மேற்பரப்பு வளைந்துள்ளது. எண்ணெய்ப்பசையான பலகையொன்றின்மீது உருண்டை வடிவமான நீர்த்துளிகள் நிற்பதைப் பார்த்திருக்கிறோம். தாமரையிலையின்மீதுள்ள நீர்த்துளிகள் உருண்டை வடிவானவை. ஒரு கிண்ணத்தில் கொஞ்சம் தண்ணீரைவிட்டு, அதை ஒரு கரண்டியால் சுழற்றினுல் நீரின் மேற்பகுதி உள்வளைவாய் நெளிந்த வடிவினதாகின்றது. இவ்வாறு, மேற்பரப்பு சம மட்ட மாயில்லாதபோதெல்லாம், நிலக்கவர்ச்சி வலிமையைவிட அதிகமாய் மற்றவகை

நுதல்வினை வலிமைகளும் முடியல் வலிமையும்

வலிமைகள் ஆற்றுவிக்கப்படுகின்றன. ஒரு வஸ்துவின்மீது பல வலிமைகள் ஒருங்கே பிரயோகிக்கப்படும்போது, அது அவற்றின் விளைப்பாடாய் (எபக்டாய்) ஒரு வாட்டத்தில் ஓரளவு வலிமைக்குட்பட்டதாயாகும்; அல்லது, அவ் வலிமைகள் பரிவர்த்தனமாய் ரத்துசெய்யப்பட்டு, அவ் வஸ்து, தன் சுயநிலைமை



படம் 122

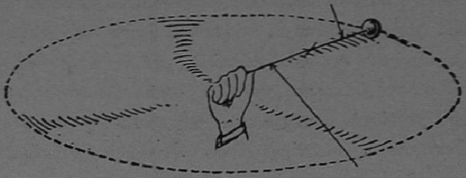
கரண்டியால் சுழற்றப்பட்ட நீரின் வடிவம். 1. நடுவிட்டோடும் வலிமை (Centrifugal Force). 2. முடியல் வலிமை (**Resultant Force**) 3. நிலக்கவர்ச்சி வலிமை.

மாறாதவாறிருக்கும். இவ்வாறான வலிமைகள், ததல்வினை வலிமைகள் (ஈக்விலிப்ரியம் போர்ஸ்கள்-**Equilibrium Forces**) எனப்படுகின்றன. நமது உடலின் நிமிர்ந்த நிலைமை, தசைகள் இவ்வாறான வலிமைகளைப் பிரயோகிப் பதையொட்டி ஏற்படுவது, என, முன்னர் கூறியுள்ளோம். பல வலிமைகளின் ஒருங்குக் கூட்டரால் விளையும் வலிமை, 'முடியல் வலிமை' (ரிஸல்டண்டு போர்ஸ்-**Resultant** Force) எனப்படும். திரவமொன்று நிலக்கவர்ச்சி வலிமைக்கும் வேறு பல வலிமைகளுக்கும் உட்பட்டபோது, அதன் மேற் பகுதி முடியல் வலிமை ஆற்றுவிக்கப்படும் வாட்டத்திற்கேற்றவாறான வடிவினதாகும். கிண்ணத்திலுள்ள நீரைக் கரண்டியால் சுழற்றும்போது, அந் நீர், சுழற்சி வலிமைக்கும் நிலக்கவர்ச்சி வலிமைக்கும் ஒருங்கே உட்படுகின்றது.

நடுவிட்டோடும் வலிமையும் நடு நாடும் வலிமையும்

ஒரு சிறு கல்லைக் கயிற்றின் நுனியொன்றில் கட்டி, மற்றொரு நுனியைக் கையில் பிடித்துக்கொண்டு, கயிற்றை வேகமாய்ச் சுழற்றுகிறோம், என வைத்துக் கொள்வோம். அக் கல்லைச் சுழற்றுவதற்கான வலிமை, நமது கையிலிருந்து கயிற்றின் வழியே ஆற்றுவிக்கப்படுவது. அவ்வலிமைக்கு, நடுவிட்டோடும் (ஸெண்ட்ரிப்யூகல்-**Centrifugal**) வலிமையென்று பெயர். அக் கல் வட்டத்தைவிட்டகலாதபடி வைத்துக்கொள்ளும் வலிமையும் கயிற்றைக் கையால் இழுத்தலாலானது. அது, நடு நாடும் வலிமை (ஸெண்ட்ரிபெடல் வலிமை **Centripetal Force**)

எனப்படும். கல் சுழன்றுகொண்டுள்ளபோது அவ்விரு வலிமைகளின் அளவுகளும் நிகராயுள்ளன. 'நடு நாடும்' (ஸெண்ட்ரிபெடல்) வலிமையினளவு குறைந்தால் (அல்லது நடுவிட்டோடும் வலிமையினளவு அதிகமானால்), கல் வட்டத்தைவிட்டு நீக்கப்பட்டு தொட்டு வாரியில் (டேஞ்சன்ஷியலாய்-



படம் 123

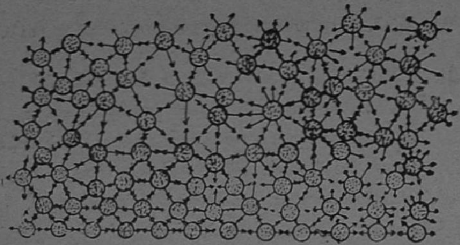
நடுவிட்டோடும் வலிமையும் நடு நாடும் வலிமையும்.

Tangentially) எறியப்படும். (கவண் கயிற்றினின்று கல் வீசியெறியப்படுவது, இம்முறையையொட்டியேயாம்). நடு நாடும் வலிமையினளவு அதிகமானால் (அல்லது நடுவிட்டோடும் வலிமையினளவு குறைந்தால்), கல் வட்டத்தினின்று இழுக்கப்பட்டு கைக்கு வந்துவிடும். கிண்ணத்தில் நீரைச் சுழற்றுவதற்கான வலிமை நடுவிட்டோடுமியலினது. (ஸெண்ட்ரிப்யூகலானது). அப்படி நாம் நீரைச் சுழற்றும்போது, அது பல வாட்டங்களிலும் தெறித்துப்போகாதபடி கிண்ணத்தின் பக்கங்கள் தடுக்கின்றன. அதாவது, அவை, நடு நாடும் வலிமையை (ஸெண்ட்ரிபெடல் போர்ஸை), முறையே, ஆற்றுவிக்கின்றன. நாம் பிரயோகிக்கும் நடுவிட்டோடும் வலிமை நீரின் குறுக்கு வாட்டத்திலானது; நிலக்கவர்ச்சி வலிமை செங்குத்து வாட்டத்திலானது. எனவே, 'முடியல் வலிமை' (ரிஸல்டண்டு போர்ஸ்) செங்குத்துக்கும் குறுக்குக்கும் இடையான திக்கில் பிரயோகிக்கப்படும். அதையொட்டி, நீரின் மேற்பகுதி உள் வளைவாய் நெளிகின்றது.

திரவ மூலத்துகள்களிடைக் கவர்ச்சி வலிமை உண்டு, என, முன்னர் கூறியுள்ளோம். அதையொட்டிய இழு வலிமையைவிட நிலக்கவர்ச்சியை யொட்டிய வலிமை அதிக வளவாயிருப்பின், அம் மூலத்துகள்கள் சரிந்து விடுகின்றன எனவும், திரவத்தின் மேற்பரப்பு சம மட்டமாகின்றது எனவும், அறிவோம். நிலக்கவர்ச்சி வலிமைக்குட்படாதபோது, திரவ மூலத்துகள்கள் எவ்வுருவின்வாய் அமைகின்றன, என்பதைக் கவனிக்கலாம். நிலக்கவர்ச்சி வலிமையற்ற இடமில்லை. ஆயினும் மிகக் குறைந்த வளவான நிறையுடனுள்ள வஸ்துவொன்றின்மீது ஆற்றுவிக்கப்படும் நிலக்கவர்ச்சி வலிமையினளவு மிகச் சொற்பமாயிருக்கும். எனவே, சொற்ப

மேற்பரப்பளவும்
உருவப் பருமனளவும்

நிறையேயான திரவத்துளியொன்று உட்படுத்தப்படும் நிலக்கவர்ச்சி வலிமையினளவு மிகக் குறைந்திருக்கும். அத்துளி சமமட்டமான பரப்பானதாயில்லை. அது உருண்டை உருவாயுள்ளது. அத்துளியிலுள்ள மூலத்துகள்கள், தமது பரஸ்பரக் கவர்ச்சிக்குட்பட்டு, இயன்றவரை நெருக்கமாய் வந்துள்ளவை. அவற்றின் பரஸ்பரக் கவர்ச்சி வலிமை, அவை உட்படுத்தப்படும் நிலக்கவர்ச்சி வலிமையைவிட அதிக வளவானது. எனவே, அவை சரிந்துவிடாதுள்ளவை. அவை, தமது பரஸ்பர வலிமைக்குட்பட்டு, இயன்றவரை நெருக்கமாயுள்ளமையின், அவையுள்ள இடமான துளியின் மேற்பரப்பினளவு, இயன்றவரை சிறிதானவாறு இருக்கும். உருண்டை உருவமானதொன்றின் மேற்பரப்பு அதன் பருமனேயான மற்ற எவ்வுருவினவானவற்றினதையும்விட முறையே, சிறிதளவானது. [1 கன அங்கலப் பருமனுள கனச் சதுரமொன்றின்



படம் 124

திரவ மூலத்துகள்கள் அமையணிமை.

மேற்பரப்பு, 6 சதுர அங்குலம்; 1 கன அங். பருமனுள உருண்டையொன்றின் மேற்பரப்பு $4\frac{4}{5}$ சது. அங். 2 அங். நீளமும் $\frac{1}{2}$ அங். அகலமும் 1 அங். உயரமுமான நீள கனச்சதுரமொன்றின் பருமன் $2\times\frac{1}{2}\times1 = 1$ கன அங். அதன் மேற் பரப்பு, $2\times\frac{1}{2}\times2 + 2\times1\times2 + 2\times\frac{1}{2}\times1 = 7$ சது. அங். $4\frac{4}{5}$ சது. அங். மேற்பரப்பும் 1 கன அங். பருமனுமான உருவம், உருண்டையைத் தவிர, வேறெதுவுமில்லை]. எனவே, மேற்பரப்பு சிறிதானவாறு ஒடுங்கியுள்ள மூலத்துகள்களாலான நீர்த்துளி உருண்டையுருவினதாயுள்ளது. மூலத்துகள் கவர்ச்சி வலிமை மேற்பரப்பினளவைப் பொருத்துள்ளது; நிலக்கவர்ச்சி வலிமை நிறையைப் பொருத்தது; ஒரே வகைப் பொருளின் நிறை அதன் பருமனின் வீதமானது; எனவே நிலக்கவர்ச்சி வலிமை பருமனைப் பொருத்தது, எனலாம். ஒவ்வொரு பக்கமும், முறையே, 1 அங்குலமான 1 கன அங்குலப் பருமனுள்ள நீர்ப்பகுதியின்மீது ஆற்றுவிக்கப்படும் நிலக் கவர்ச்சி வலிமை, மூலத்துகள் கவர்ச்சி வலிமையைவிட நூறு மடங்காயுள்ளது, எனக் கொள்வோம். ஒவ்வொரு பக்கமும் முறையே, ஆயிரத்திலொருபங்கு $(\frac{1}{1000})$ அங்குலமானால்,

பருமன் நூறு கோடியிலொரு பங்கு $(\frac{1}{1000} \times \frac{1}{000} \times \frac{1}{1000})$ குறையும்; பரப்பு பத்து லக்ஷத்திலொருபங்கே $(\frac{1}{1000} \times \frac{1}{1000})$ குறையும். எனவே, நிலக்கவர்ச்சி வலிமை முன்னிருந்ததில் நூறுகோடியிலொரு பங்கினதாகும்; மூலத்துகள் கவர்ச்சி வலிமை முன்னிருந்ததில் பத்துலக்ஷத்திலொரு பங்கினதாகும்; மூலத்துகள் கவர்ச்சி வலிமை, நிலக்கவர்ச்சி வலிமையைவிட,

$$\frac{\text{நூறு கோடி}}{\text{நூறு} \times \text{பத்து லக்ஷம்}} = \text{பத்து மடங்கு அதிகமாயிருக்கும்.}$$

ஆகவே திரவப் பொருளொன்றின் நிறை குறையக்குறைய, முறையே, மூலத்துகள் கவர்ச்சியின் விளைப்பாடு (எபக்ட்), நிலக் கவர்ச்சியினதைவிட, அதிகமாகிவரும் எனக் காண்கிறோம்.

பரப்பு ஆர்த்திகல் (ஸர்பேஸ் டேன்ஷன்)

திரவத் துளியொன்றில் மூலத்துகள்கள் பொருந்தியுள்ள விதத்தைக் கவனிக்கலாம். துளியின் நடுப் பகுதியிலுள்ள மூலத்துகளொன்று, எல்லா வாட்டங்களிலும் மற்ற பல மூலத்துகள்களால் சூழப்பட்டது. அவற்றாலான கவர்ச்சி வலிமைகள் ததல்வலைப்படலாதலால், அந்நடு மூலத்துகள் 'முடியல் வலிமை' ஒன்றுக்கும் உட்படுவதில்லை. அது சுயேச்சையாயுள்ளது. நடுப்பகுதி மூலத்துகள்கள் எல்லாம் அவ்வாறே யுள்ளவை. நுனியின் ஓரப் பகுதியிலுள்ள மூலத்துகள் ஒன்று, நுனியினுள் உள்ள மூலத்துகள்களாலும், மேற்பரப்பிலேயே தன் பக்கவாட்டங்களிலுள்ள வற்றாலும் கவர்ச்சியுறுகின்றது; ஆனால் வெளி வாட்டமாய் ஈர்க்கும் மூலத் துகள்கள் எவையும் இல்லை. எனவே, அது உள் வாட்டமாயும் பக்க வாட்டங் களிலும் கவர்ச்சியுறுகின்றது. முடியல் வலிமை உள்ளீர்க்குமாறுனது. ஓரப் பகுதி மூலத்துகள்கள் எல்லாம் இவ்வாறன கவர்ச்சிக்குட்பட்டவையே. ஆதலின் மேற்பரப்பிலுள்ள மூலத்துகள்களின் தொகை, சாத்தியமான வளவுவரை, குறையும்; அதையொட்டி மேற்பரப்பினளவும் இயன்றவரை சிறிதாகும். அதனுல் துளி உருண்டை உருவினதாகும். மேற்பரப்பு கூடுமானவரை சுருங்கியுள்ளது. உள்ளேயிழுக்கும் வலிமையை எதிர்த்துக் கொண்டே அதிலுள்ள மூலத்துகள்கள் பொருந்தியுள்ளன எனலாம். ரப்பர் தாள் (ஷீட்-**Sheet**) ஒன்றை விரித்திழுத்துப் பிடித்துக்கொண்டிருக்கும்போது அது இழுபடும் வலிமையை எதிர்த்துக்கொண்டு, கூடுமானவரையில் சுருங்கிய வாறுள்ளது. எனவே, திரவத் துளியின் மேற்பரப்பு, ரப்பர் தாள் ஒன்றை, ஒருவாறு, ஒத்துள்ளது, எனலாம். அத்துளியின் மேற்புரம் ரப்பர் தாளொன்றைப்போலான படலம், எனலாம். அப் படலம் திரவ மூலத்துகள் களால் அமைக்கப்பட்டதே. ரப்பர் தாளின் பரப்பை அதிகரிக்கவேண்டுமானுல், அதன் மீள் விறல் வலிமையை எதிர்த்த வலிமை ஆற்றுவிக்கப்படவேண்டும். அவ்வாறே திரவத் துளியின் மேற்பரப்பளவை அதிகரிக்கவேண்டுமாயின்,

உள்ளிருந்து இழுக்கப்படும் வலிமையை எதிர்த்த வலிமையைப் பிரயோகித்து, சில மூலத்துகள்கள் மேற்பரப்பிற்கு வருமாறு அவற்றை ஈர்க்கவேண்டும். அவ்வாறு திரவ மேற்பரப்பைப் பெரிதாக்கத் தேவையான வலிமை 'பரப்பு ஆர்த்திகல்' (ஸர்பேஸ் டென்ஷன்-**Surface Tension**) எனப்படும். எண்ணெய் வழுக்கலான பலகையொன்றின்மீது சற்றுப் பெரிதான நீர்த்துளியொன்று அமருமாறு செய்யலாம். அது சின்னஞ் சிறு நீர்த்துளியொன்றைப்போன்று உருண்டை உருவினதாய் இருக்காது. அது 'இட்டலி' உருவினதாயிருக்கும். மேற் பரப்புப் படலம் சுருங்கி, பரப்பு இயன்றவரை சிறிதாகியுள்ளது. அதாவது அப் பரப்பு உருண்டை உருவின் பரப்பாகும் போக்கானது. நீரின் நிறை அதிகமாகி, நிலக்கவர்ச்சியின் வலிமை அதிகப்பட்டுள்ளதால், நீரைச் சமமட்டமாக்கும் போக்கான வலிமை அதிகமாகின்றது. பரப்பு ஆர்த்திகல் வலிமை பக்கவாட்டமாயும் உள்வாட்டமாயும் உள்ளது. நிலக்கவர்ச்சி வலிமை செங்குத்து வாட்டமானது. அவ்விருவலிமைகளுக்கும் பொதுவான முடியல் வலிமை ஆற்றுவிக்கப்படும் திக்கு பரப்புடன் செவ்வைக்கோணமானவாறு (ரைட் ஆங்கிளானவாறு), பரப்பு அமைகின்றது. எனவே, இட்டலியினதை யொத்த, தட்டையுருளை உருவமாய் துளியின் மேற்பரப்பு உள்ளது. பாத்திரத்தில் ஊற்றப்பட்டுள்ள அதிக நிறையான நீர் நிலக்கவர்ச்சி வலிமைக்கு அதிகமாய் உட்படுவதால், முடியல் வலிமையின் திக்கு நிலக்கவர்ச்சியானதாகவேயுள்ளது, எனலாம். அச் செங்குத்துத் திக்குடன் செவ்வைக்கோணமான திக்கு வான்தொடுவவதிமட்டமாம் (காரிஜாண்டல்). ஆதலின் நீரின் மேற்பரப்பு அம்மட்டத்தினதாய், சமமட்டமாயுள்ளது. ஆயினும் அப்பரப்பிலுள்ள மூலத்துகள்கள் உள்ளிழுக்கப்படும் வலிமையை எதிர்த்துக்கொண்டுள்ளனவே. அப்பரப்பு ரப்பர் தாளைப்போன்ற படலமாயுள்ளதே. அவ்வாருன மெல்லிய படலவமைப்பினதாய் நீரின் மேற்பரப்புள்ளது, என்பதை சோதனை வழியே காட்டலாம். ஒரு பாத்திரத்திலுள்ள நீரின் மேற்பரப்பின்மீது, ஒரு மெல்லிய ஊசியை, கைநடுக்காமல் மெதுவாய்த்தொடும்படி ஜாக்கிரதையுடன் வைத்தால், அது நீரினுள் அமிழாது, அப் பரப்பால் தாங்கப்பட்டிருப்பதைக் காணலாம். அப்பரப்பின் மூலத்துகள்களின் வலிமையை எதிர்த்து அவற்றை ஒதுக்கிக் கொண்டு பரப்பினூடே அவ்வூசி அமுங்குவதற்கு அதன் கன வலிமை போதாதுள்ளது. நீர்ப் பரப்பின்மீது ஓடிக்கொண்டிருக்கும் ஒரு வகை வண்டுகளை நாம் பார்த்திருக்கிறோம்.

சில பொருள்கள் நீர் பட்டு நனைபவை. அவ் வகையானவற்றின்மீது, மிகச் சிறிதளவான நீர்த்துளிகள்கூட அமைய இயலாதன. அப் பொருள்களின் மூலத்துகள்கள் நீர் மூலத்துகள்களைக் கவர்ச்சி செய்யும் தன்மையானவை. எண்ணெய், மெழுகு, முதலான பொருள்கள் நீர் பட்டு நனைபவையல்ல. அவற்றின் மூலத்துகள்கள், நீரின் மூலத்துகள்களைக் கவர்ச்சி

செய்யும் தன்மையானவையன்று. அவற்றின்மீது நீர்த்துளிகள் அமரலாம். உலோகங்களைத்தவிர மற்ற எப் பொருளையும், பாதரஸம் நனைக்காது.

நீர்பட்டு நனையும் பொருள்கள்

அதன் பரப்பு ஆர்த்திகல் (ஸர்பேஸ் டென்ஷன்) அதிக வளவானது. நீரின் பரப்பு ஆர்த்திகல், ஸெ. மீ. க்கு 72 டைன்கள். பாதரஸத்தினது, ஸெ. மீ. க்கு 465 டைன்கள். எனவே, சிறு பாதரஸத்துளிகள் பரப்பு ஆர்த்திகல் வலிமையையொட்டியேயானவை, எனலாம்; அவை மிகச் சரியான உருண்டை உருவினவை.

செங்குத்து வாட்டத்துள்ள மெல்லிய குழாயொன்றின்வழியே திரவ மொன்றை மிக மெதுவாய்ப் பாயுமாறு செய்து, குழாயின் நுனியினின்று அத்திரவம் துளித் துளியாய்ச் சொட்டுமாறு அமைக்கலாம். அவ்வாறு சொட்டும் துளிகளை ஒவ்வொன்ருய் எண்ணிக் கொண்டுவந்து, ஒரு தொகையானவற்றை ஒரு சிறு கலத்தில் பிடித்து நிறுக்கலாம். கலத்தின் நிறை எவ்வளவென அறியலாம். ஆதலின் ஒரு துளியின் நிறை எவ்வளவானது, எனக் கணக் கிடலாம். துளியின் குறுக்களவு குழாயின் குறுக்களவேயாம். குழாயின் குறுக்களவை அறியலாம். துளியின் கனத்தையும் குறுக்களவையும் அறிவதி னின்று, திரவத்தின் பரப்பு ஆர்த்திகல் (ஸர்பேஸ் டென்ஷன்) எவ்வளவானது, எனக் கணக்கிடலாம்.

நீரினுள் குமிழிகள் பரப்பு ஆர்த்திகலையொட்டியே உண்டாகின்றவை. சிறு குமிழிகள் எல்லாம் உருண்டை வடிவினவை. சதுரக் குமிழிகளைக் கண்டவரில்லை. நீரிலுள்ள அச் சிறு குமிழிகளின் மேற்பரப்புக்கள் நீர் மூலத்து

குமிழிகள்

கள்களாலான மெல்லிய பரப்புப் படலத்தால் போர்க்கப்பட்டவை. அப்படலங்கள், தம் பரப்புச் சிறிதாகுமாறு சுருங்கி உருண்டை உருவினவையாப் உள்ளன. அவை, பிள்ளைகள் விளையாடவைத்துக்கொண்டுள்ள 'பலூன்களை'ப் போல்வன. பலூனில், மெல்லிய ரப்பர் படலத்தால் காற்று அடக்கப்பட் டுள்ளது. நீரில் குமிழிகளில் நீர்ப்பரப்புப் படலத்தால் காற்று அடைக்கப் பட்டுள்ளது. நீரிலுள்ள சற்று பெரிதான குமிழிகள் தட்டையுருளை வுருவினவாய் ஆகின்றன. சோப் நீரைக்கொண்டு ஊதப்படும் குமிழிகளில், பரப்புப் படலங்கள் இரண்டு, உள்ளன. ஒன்று குமிழியின் உள்ளேயுள்ள காற்றை அடக்குவது. மற்ருென்று வெளியேயுள்ள காற்று உள்ளே வராதபடி தடுப்பது. இரு படலப் பொருந்தல்கள் நீர் மூலத்துகள்களைமட்டும் கொண்டு அமையாதவை. அதாவது வெறும் நீரைக்கொண்டு, சோப் நீர்க்குமிழிகள் போன்றவற்றை ஊதமுடியாது. சோப்பின் மூலத்துகள்கள், நீரின் மூலத் துகள்களும் தக்கவாறு அஞ்சிதமாதலையொட்டி இரு படலங்கள் அமைகின்றன. சோப் நீர் நுரைகட்டும் தன்மையானது என எல்லோரும் அறிவர். நுரை

ஏராளமான குமிழ்களாலானது. சோப்பின் மூலத்துகள்கள், பாம்பைப்போல் நீண்டு வளைந்து நீண்டு வளைந்தவாறான அணுப்பந்தனங்களைக் கொண்டவை. ஒவ்வொரு மூலத்துகளிலும் முறையே, ஒரு நுனியிலுள்ள தொகுதி

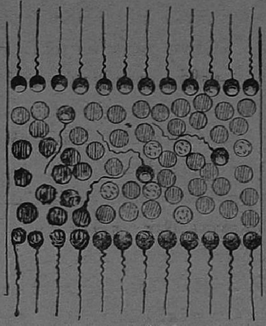
படம் 125

ஸோப் மூலத்துகள்

1. மின்னேற்பில்லாத நுனி.
2. ஹைட்ரோஜன் அணுக்கள்.
   கருநிறமானவை கார்பன் அணுக்கள்.
   கோடிட்டவை ஆக்ஸிஜன் அணுக்கள்.
3. மறு மின்னேற்பான நுனி.

மின்னேற்பானது; முறையே, மற்றொரு நுனியிலுள்ள தொகுதி நண்ணலானது (நியூட்ரலானது). சோப் நீரின் 'பரப்பு ஆர்த்திகல்' (ஸர்பேஸ்டென்ஷன்) நீரினதைவிடக் குறைந்த அளவானது. ஸோப் நீரின் பரப்பு ஆர்த்திகல், ஸெ. மீ. க்கு 20-40 டைன்கள். சுத்த நீரினது ஸெ. மீ. க்கு 72 டைன்கள் எனவும், பாதரஸத்தினது ஸெ. மீ. க்கு 465 டைன்கள் எனவும் மேலே கூறியுள்ளோம். பாதரஸத்தின் 'பரப்பு ஆர்த்திகல்' நீரினதைவிடப் பன்மடங்கு அதிகமாயிருப்பதால், பாதரஸத்துளியொன்றின் உருவம் அதே பருமனுன நீர்த்துளியொன்றைவிட மிகத் திருந்திய உருண்டையாயிருக்கும்; நீர்த்துளியொன்று சோப் நீர்த்துளியொன்றைவிட அதிகத் திருத்தமான தாயிருக்கும். ஆகவே பரப்பு ஆர்த்திகலின் அளவு அதிகமாய் ஆக, ஆக, துளியின் கோளுருவமும் திருந்தித் திருந்தி வரும். ஆனல், ஒரு திரவத்தின் பரப்பு ஆர்த்திகல் அதிகமானபோது, அதன் பரப்புப்படலம் அதிக வலிமையுடன் இழுத்துக்கொண்டுள்ளமையின், அது அதிக வளவுக்கு விரிந்தால், கிழிந்துபோகும். எனவே, அதிகப் பருமனுன காற்றை அப் படலத்தால் அடக்கமுடியாது; அதனுள் உண்டாகும் குமிழிகள் மிகச் சிறியனவாயிருப்பன; அவை குமிழிகளாய்க்கூடக் காணப்படாது. பரப்பு ஆர்த்திகல் குறைந்த திரவத்தின் படலத்தால் அடக்கப்படும் குமிழிகள் பெரிதாயுள்ளவை. சுத்த நீரினதைவிடக் குறைந்த பரப்பு ஆர்த்திகலான சோப் நீர்ப்படலங்களால் பெரும் குமிழிகளினுள் காற்று அடக்கப்படலாம். விளையாட்டு பலூன் ஒன்று காற்றடக்கப்பட்டபோதுள்ள பருமனுக்கு நிகரான பருமனுள்ளதாய்ச் செய்ய வேண்டுமென, அதன் படலத்தைவிட அதிக வலுவான படலத்துடனுள்ள ரப்பர் பந்தொன்றினுள் காற்றடித்தால், அப் பந்து வெடித்து, அதன் படலம் கிழிந்துபோகும், என, நாம் அறிவோம். அதைப்போலவே பாதரஸத்தினுள்

குமிழியின் பருமன் பெரிதாக்கப்பட்டால், அதை அமைக்கும் படலம் சிதைவுறும். ஆகவே, பரப்பு ஆர்த்திகலின் அளவு குறையக் குறைய முறையே அதிகப் பருமனுன குமிழிகள் அமைய அனுகூலமாகின்றது. பெருங்



படம் 126

சோப் நீர்ப்படலவமை முறை

குமிழிகள் அமைக்கப்படுவதற்கு, சோப் நீர்ப்படலம் தகுதியானது. சோப் நீர்ப் படலம், பஜ்ஜியைப்போல் மூன்றடுக்கானது ; அதில் மூன்று ஏடுகள் ஒன்றின் மீதொன்ருய் விரிக்கப்பட்டவாறு உள்ளன. மேற்புறயேடும், அடிப்புறயேடும் சோப் மூலத்துகள்களாலானவை ; இடையிலுள்ளது நீர் மூலத்துகள்களாலானது. சோப் மூலத்துகள்களின் அணுக்கள், பாம்பைப்போல் வளைந்து வளைந்துள்ளவாறு பந்தனமானவை எனவும், மூலத்துகள் ஒன்றின் ஒரு நுனியில் மின்னேற்பான தொகுதி ஒன்றிருக்கும் எனவும் மேலே கூறியுள்ளோம். அந்நுனித் தொகுதி நீரால் கவர்ச்சியுறும். மற்ருெரு நுனியிலுள்ள நண்ணலான (நியூட்ரலான) தொகுதி நீரால் கவர்ச்சியுருதது. கவர்ச்சியின் நிமித்தம், சோப் நீர்ப்படலம் சற்று முரணுயுள்ளது. நீரில் தனியாய் ஒதுக்கப்பட்டு, படலத்தில் அமையத் தயாராயிருக்கும் சோப் மூலத்துகள்கள் பல இருப்பதால், அப் படலம் சந்து விழாதபடி விரியக்கூடும். சோப் நீர்ப்படலம் இத்தன்மையானதினுலேயே, சோப் நீரைக்கொண்டு எண்ணெய்ப் பசையை நீக்க முடிகின்றது. எண்ணெயின் பரப்பு ஆர்த்திகல் நீரினதைவிடக் குறைந்தது. எனவே, எண்ணெய்ப்பரப்பும் நீர்ப்பரப்பும் சேரும்போது, எண்ணெய்ப்பரப்பு நீரினதைவிட அதிகமாய் விரிகின்றது ; நீரால் எண்ணெயை அகற்ற முடியாதுள்ளது. சோப் நீரின் பரப்பு ஆர்த்திகல் எண்ணெயினதைவிடக் குறைந்தது. அதைத் தவிர அது முரணுமானது ; அதிகமாய் விரியவும் கூடும். எனவே அது எண்ணெய்ப் பரப்பைவிட அதிக வளவுக்குப்பரவி அதை நீக்க வல்லதாயுள்ளது. பெட்ரோல், ஸ்பிரிட், டர்பன்டைன் முதலானவற்றின் பரப்பு ஆர்த்திகல்கள், முறையே, எண்ணெயினதைவிடக் குறைவாயுள்ளன ; ஆதலின், அவற்றைக்கொண்டு எண்ணெய்ப் பசையை அகற்ற முடிகின்றது.

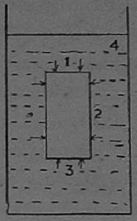
நிலக் கவர்ச்சி வலிமை மிகக் குறைந்தவாறானபோது, திரவத் திரட்சி உருண்டை உருவமாயிருக்கும் என்பதை மற்றொரு சோதனைசெய்துகாட்டலாம். சாராயத்தையும் (ஆல்கோஹாலையும்) நீரையும் தக்க விதமானவாறு கலப்பதினால் ஏற்படும் திரவத்தின் செறிவும் ஆலிவ் எண்ணெயின் (**Olive Oil**) செறிவும் நிகரானவை. ஆதலின், ஆலிவ் எண்ணெய் அத் திரவத்தினுள் விடப்பட்டால், எண்ணெய் அதில் அமிழாதும் மிதக்காதும் தேங்கி நிற்கும். அந் நிலைமையில் அவ்வெண்ணெயின் பரப்பு மூலத் துகள்கள், தமது பரப்பு ஆர்த்திகலைத்தவிர, வேறு எவ்வலிமைக்கும் உட்படாதவை. ஆதலின் அவ்வெண்ணெய் சரித்திட்டமான பெருங் கோளமாய் அமைகின்றது. அவ்வுருண்டையின் குறுக்களவு, எண்ணெயின் பருமனைப் பொருத்தவாறு, பல அங்குல வளவாயிருக்கலாம். எண்ணெயின் செறிவும் அது விடப்பட்டுள்ள திரவத்தின் செறிவும் நிகரானபோது, நிலக் கவர்ச்சி வலிமையால் எண்ணெய் பாதிக்கப்படவில்லை. தனது பரப்பு ஆர்த்திகல் வலிமையையொட்டி, உருண்டை வடிவினதாய் ஆகின்றது.

பரப்பு ஆர்த்திகலும் நிலக் கவர்ச்சியும்

திரவமொன்று, அதன் செறிவேயான மற்றொரு திரவத்தில் அமைந்துள்ள போது, நிலக் கவர்ச்சி வலிமையின் விளைப்பாடு (எபக்ட்) முற்றும் இல்லாது போவதற்கான காரணம் என்ன என்பதைக் கவனிக்கலாம். நீரில் ஒரு கல்லைப் போட்டால், அது நீரில் அமிழ்கின்றது; மரக் கட்டையைப் போட்டால், அது மிதக்கின்றது. பல திரவங்களையும் பல திடப் பொருள்களையும் கொண்டு சோதனை செய்து பார்த்தால், திரவமொன்றில் அமிழ்கின்ற பொருள்கள் முறையே அத்திரவத்தினதைவிடச் செறிவு அதிகமானவையாயும், அதில் மிதக்கின்றவை, முறையே, திரவத்தினதைவிடச் செறிவு குறைந்தனவாகவும் உள்ளன, என அறியலாம். திரவத்தில் அமிழ்ந்துவிடாமலும் மிதக்காமலும் நிற்கும் பொருள்கள் திரவத்தின் செறிவுக்கு நிகரான செறிவினவை எனவும் காண்போம். ஒரு கல்லைக் கயிற்றால் கட்டி, நுனியைக் கையில் பிடித்துக்கொண்டு அக் கல்லை நீரினுள் விடுவோம். அக் கல் நீரினுள் மூழ்கியுள்ளபோது அதன் கனம், வெளியேயிருந்தபோதிருந்ததைவிடக் குறைந்திருப்பதாய் உணர்வோம். நீரினுள் உள்ள கல்லின் கனம் என் குறைகின்றது என்பதை விளக்கலாம். நீரில் மூழ்கியுள்ள கல்லின்மீது நீரின் அமுக்க வலிமை ஆற்றுவிக்கப்படுகின்றது. அவ் வலிமை எல்லா திக்குகளிலும் அமுக்குவது. கல்லின் பக்கவாட்டப் பரப்புப் பகுதிகளின்மீது பிரயோகிக்கப்படும் அமுக்கவலிமைகள் ஒன்றையொன்று எதிர்த்தவாறுள்ளமையின், அவை ததல்வனையாகி, ரத்தாகின்றன. கல்லின் மேற்பகுதிப் பரப்பின்மீது கீழ்வாட்டமாய் அமுக்கம் உள்ளது. அதன் அளவு அப் பகுதிப்

அமிழ்தலும், மிதத்தலும், மூழ்கி நிற்றலும்

பரப்பின்மீது நிற்கும் நீரின் கனத்தளவானது. அதாவது அப் பரப்பின்மீது நிற்கும் 'நீர்த்தூணின்' கனமாம். கல்லின் கீழ்ப்பகுதிப் பரப்பின்மீது எற்படும் நீரமுக்கம் கீழிருந்து மேலாயுள்ளது. திரவமொன்றில், ஓரிடத்தில்



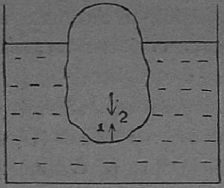
படம் 127

நீரில் மூழ்கிய பொருளின்மீதான வலிமைகள்
(**Forces acting on an immersed body**)

1. கீழ் நோக்கிப் பிரயோகிக்கப்படும் வலிமை (**Downward Forces**)
2. பக்கவாட்ட வலிமைகள் (**Sideways Forces**)
3. மேல் நோக்கிய வலிமைகள் (**Upward Forces**)
4. நீரின் ஆழம் (**Depth of Water**)

பல வாட்டங்களிலுமான அமுக்கங்கள் ஒரேயளவினவாயிருப்பன என முன்னர் கூறியுள்ளோம். எனவே கல்லின் கீழ்ப்பரப்பின்மீது பிரயோகிக்கப்படும் நீரமுக்கத்தினளவு, அப் பரப்பின்மீது நிற்கக்கூடிய 'நீர்த்தூணின்' கனத்தினளவாம். கீழ்ப்பகுதிப் பரப்பின்மீதான நீர்த்தூணின் உயரம் மேற்பகுதியின் மீதானதைவிட அதிகமானது. எனவே அதன் கனம் மேற்பகுதியின் மீதானதின் கனத்தைவிட அதிகமாயிருக்கும். இன்னும் கீழ்ப்பகுதிமீதான தூணின் பருமன், மேற்பகுதிமீதானதின் பருமனேவிட கல்லின் பருமனளவு அதிகமாயிருக்கும். கல்லின் பருமனளவான நீரின் கனத்தளவு வேற்றுமை யானவாறு 'கீழ்த்தூணின்' கனமும், 'மேற்தூணின்' கனமும் உள்ளன. அதனால், கல்லின்மீது கீழ்-மேல் வாட்டத்தான நீரமுக்க வலிமையின் அளவு, மேல்-கீழ் வாட்டத்தானதைவிட கல்லின் பருமனளவான நீரின் கனத்தளவு, அதிகமாயிருக்கும். ஆகவே, கல்லின்மீது பல வாட்டங்களிலுமாய் ஆற்றுவிக்கப் படும் நீரமுக்க வலிமைகளின் முடியல் வலிமை, கீழ்-மேல் வாட்டத்திலும், கல்லின் பருமனளவான நீரின் கனத்தளவாகவும், உள்ளது, என அறிகிறோம். கல்லின் கனம் நிலக்கவர்ச்சியின் விளைப்பாடு (எபக்ட்). அது, மேல்-கீழ் வாட்டத்தானது. நீரமுக்கத்தினலான வலிமை கீழ்-மேல் வாட்டமாயுள்ளது. எனவே அது மேலே தூக்கும் இயலினது. ஆகவே, நீரில் அமிழ்ந்துள்ள

கல்லின் கனம், அதன் பருமனான நீரின் கனத்தளவு குறைந்தவாறு, நாம், உணர்கிறோம். கல்லின் செறிவு நீரினதைவிட அதிகமானதால், அதன் பருமனளவான நீரின் கனம், அக் கல்லின் கனத்தைவிடக் குறைவாயிருக்கும். ஆதலின் மேல்-கீழ் வாட்டத்து வலிமை, கீழ்-மேல் வாட்டத்து வலிமையைவிட அதிக வளவானது ; கல் நீரினுள் மேல்-கீழ் வாட்டமாய் இறங்கும் போக்கானது —அதாவது, கயிற்றால் தொங்கவிடப்படாவிட்டால், நீரினுள் அமிழ்ந்து கொண்டேபோகும். ஆயினும், அதன் கனம் வெளியேயுள்ளபோதானதைவிடக் குறைந்ததே. ஒரு பொருளின் கனம், அது உட்படுத்தப்படும் நிலக் கவர்ச்சி வலிமையே, என நாம் அறிவோம். அப்பொருள் நீரிலுள்ளபோது அதன் கனம் குறைகின்றமையின், அதை உட்படுத்தும் நிலக் கவர்ச்சி வலிமை, நீரின் அமுக்க வலிமையால் எதிர்க்கப்பட்டு குறைக்கப்படுகின்றது, எனலாம். மேற் கூறிய முறையையொட்டியே, எத்திரவத்திலாயினும், முறையே அமிழ்கின்ற எத்திடப் பொருளும், தனது கனத்தில் ஒரு பகுதியை இழந்துவிடுகின்றது. திரவ



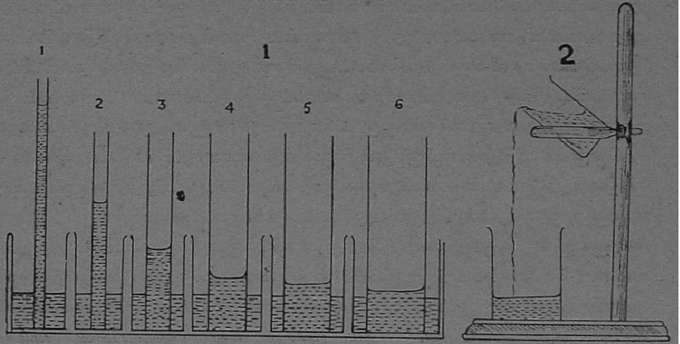
படம் 128

மிதக்கும் பொருளின்மீதுள்ள வலிமைகள்
(Forces on Floating body)

1. மேல்நோக்கிய வலிமை (**Upward Force**)
2. கீழ் நோக்கிய வலிமை (**Downward Force**)

மொன்றில் அதைவிடக் குறைந்த செறிவினதான பொருளொன்றை அமிழ்த்திப் பிடித்துக்கொள்வோமாயின், அப்பொருளின் பருமனளவான திரவத்தின் கனம் அதன் கனத்தைவிட அதிகப்படுவதால், அதன்மீதான கீழ்-மேல் வாட்டத்து வலிமை, மேல்-கீழ் வாட்டத்து வலிமையைவிட அதிகமாயுள்ளது. அப் பொருளைப் பிடிக்காது விட்டுவிட்டால், அது மேல்நோக்கி எழும்பி, மிதக்கும். அவ்வாறு மிதக்கும்போது, அதன் ஒரு பகுதி திரவத்தில் மூழ்கியும், மற்றொரு பகுதி வெளிப்பட்டும் இருக்கும். பொருள் நிலையாயுள்ளமையின் அதன்மீது வலிமை எதுவும் ஆற்றுவிக்கப்படவில்லை. ஆதலின், மூழ்கியுள்ள பகுதியின் பருமனளவான திரவத்தின் கனமும், பொருளின் கனமும் நிகரளவானவை. திரவமொன்றில் அதன் செறிவினதேயான பொருளொன்றைப்

போட்டால், அதன் பகுதியெதுவும் வெளிப்படாமல், முற்றும் மூழ்கியவாறு நின்றிருக்கும். மேற் கூறப்பட்ட முறையையொட்டி, ஒரு திரவம் அதனுடன் கலவாத மற்றொரு திரவத்துடன் ஊற்றப்பட்டிருக்கலாம். செறிவு அதிகமான திரவம் கீழிருக்கும். செறிவு குறைந்த திரவம் அதன் மீது மிதக்கும். நீரில் எண்ணெயை ஊற்றினல், அது நீரில் மிதந்து நிற்கின்றது. ஒரு திரவத்தில் அதன் செறிவினதேயானதும், அதனுடன் கலவாததுமான மற்றொரு திரவத்தை ஊற்றினல், அது, வெளியே மிதக்காது; மூழ்கியவாறு முதல் திரவத்தில் நிற்கும். இப்படி ஊற்றப்படும் திரவத்தின் கனமும், அதன் பருமனேயான முதல் திரவத்தின் கனமும் நிகரானவையாதலின், இரண்டாம் திரவத்தின் கன வலிமை முதல் திரவத்தின் அமுக்க வலிமையால் ரத்து செய்யப்பட்டு, இரண்டாம் திரவம் கனமற்றதாகின்றது, எனலாம். எனவே அது, நிலக் கவர்ச்சி வலிமைக்காளாகாதவாறு மீட்கப்பட்டது, எனக் கொள்ளலாம். அத் திரவம் மிகத் திருத்தமான சரிப்பெரும் உருண்டையாய் அமையும்.



படம் 129-135

இழைப்புழைப்பீர்ம் (Capillary Attraction)

1. பல வளவுக் குழாய்களில் திரவமேறல்

1, 2, 3, 4, 5, 6—ஒழுங்கர்ய் துறுக்களவு அதிகரித்துவருமாறனவை

2. நூலொன்றின்வழியே நீர்பாயல்

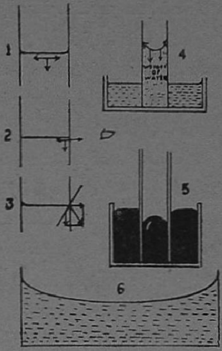
திரவங்களின் பரப்பு ஆர்த்திகலையொட்டி எற்படும் மற்றொரு விளைப்பாட்டைப்பற்றிக் கூறலாம். ஒரு திரவம் அதனல் நனைபடக்கூடிய பொருளினலான குழாயொன்றினுள் ஏறும், என்பதே அவ்விளைப்பாடு. ஒரு பாத்திரத்தில் நீரை நிரப்பி, அந் நீரில் மெல்லிய நீண்ட கண்ணடிக்குழாயொன்றை செங்குத்தாய் நிறுத்தினல் அக்குழாயினுள் நீர் ஏறியிருப்பதைக் காணலாம்.

குழாய்க்குள் உள்ள நீரின் மேற்பரப்பு வெளியிலுள்ள நீர் மட்டத்தைவிட உயர்ந்து இருக்கும். அக் குழாயைவிட இன்னும் மெல்லிதான மற்றொரு குழாயை நீரில் நிறுத்தினால், அதில் முதல் குழாயில் ஏறியதைவிட அதிக உயரத்திற்கு நீர் ஏறுகின்றது. குழாயின் குறுக்களவு குறையக் குறைய, முறையே அதில் ஏறுமாறான நீரின் உயரம் அதிக மாகின்றது. குழாய்க்குள் ஏறியுள்ள நீரின் மேற் பரப்பு உள் வாட்டத்து வளைந்த தாயிருக்கும். அதற்கு 'பிறைவணர்' (மெனிஸ்கஸ்-**Meniscus**) என்று பெயர்.

இழைப்புரைப்பீரம் (காபில்லாரிடி)

குழாயில் ஏறிய நீரின் உயரம் அதிகமாக, ஆக, முறையே, பிறை வணர் அதிக வளைவாகிவரும். குழாயினுள் ஏன் நீர் ஏறுகின்றது, என்பதை விளக்கலாம். குழாயின் நடுவாட்டத்தில் நீர்ப்பரப்பிலுள்ள மூலத்துகள் ஒன்றைக் கவனிப்போம். அது தன் பக்கத்திலுள்ள மூலத்துகள்களாலும், கீழுள்ளவற்றாலும் கவர்ச்சியுறுவது. அதையொட்டி பரப்பின்மீது கீழ்வாட்டமாய் இழுபடும் வலிமை ஏற்படும். நீர்ப் பரப்பொன்று வலிமைக்குட்பட்டபோது அவ்வலிமைப் பிரயோகிக்கப்படும் வாட்டத்திற்கு சரி குறுக்கான வாட்டத்தில் அது அமையும் தன்மையானது. நடு வாட்ட மூலத்துகள்கள் கீழ்வாட்டமாய் இழுபடுவனவாதலின், அவ் வாட்டத்திற்கு சரி குறுக்கு வாட்டமான சம மட்டத்தில் அவற்றினாலான பரப்பு இருப்பதாகும். கண்ணாடியின் அருகிலுள்ள மூலத்துகள்கள் ஒரு பக்கத்தில் கண்ணாடி மூலத்துகள்களாலும் மற்றொரு பக்கத்திலும், கீழிருந்தும் நீர்மூலத்துகள்களாலும் ஈர்க்கப்படுகின்றவை. நீர் மூலத்துகள்களின் பரஸ்பரக் கவர்ச்சி வலிமையைவிட அதிக வளவானவாறு கண்ணாடி மூலத்துகள் நீர் மூலத்துகள்களை ஈர்க்கும் வலிமையுள்ளது. எனவே கண்ணாடியின் அருகிலுள்ள மூலத்துகள்கள், குழாய் வாட்டமாய் இழுபடும் வலிமை, நீர் வாட்டமாய் இழுபடும் வலிமையைவிட அதிக வளவாயிருக்கும். அம்மூலத்துகள்கள் முறையே மூன்று வாட்டங்களில் பிரயோகிக்கப்படும் வலிமைகளுக்குட்பட்டவை. அம் மூன்று வலிமைகளுக்குமான முடியல் வலிமையுள்ள வாட்டத்திற்கு சரி குறுக்கானதொன்றில் அம் மூலத்துகள் களாலான பரப்பு அமையும், அவ்வாறான வாட்டம் சமமட்டத்தினின்று குழாய் மாட்டுச்சாய்ந்ததாயிருக்கும். குழாய்க்கு மிகவும் அண்மையான மூலத்துகள் களாலான பரப்பு மிகவும் சாய்ந்திருக்கும்; நடுவை நோக்கிப் போகப் போக, முறையே, சாய்வு குறைந்துகொண்டுபோகும்: நடுவாட்டப்பரப்பு மேலே கூறியவாறு, சம மட்டமாயிருக்கும். ஆதலின் பரப்பு முழுதுமானபோது, வளைந்திருக்கும். நீர், குழாயைப்பற்றிக்கொண்டிருக்கும். அதன் பரப்பு ஆர்த்திகல் (ஸர்பேஸ் டென்ஷன்) வளைந்த பரப்பை, சமமாக்கும் போக்கினதா யிருக்கும். எனவே, அப் பரப்பு மேல்நோக்கித் தள்ளப்படும்; குழாய்க்குள் நீர் ஏறும். அவ்வாறு ஏறும் நீரின் கனம் பரப்பைக் கீழ்நோக்கி இழுக்கும். ஒன்றுடனொன்று எதிர்ப்பட்ட இவ்விருவலிமைகளும்சிகாளவாகி ரத்தாகும்வரை

குழாயினுள் நீர் ஏறும். குழாயின் குறுக்களவு குறையக் குறைய, முறையே, வளைவினளவும் அதிகமாகிவருவதால், முறையே குழாயினுள் ஏறும் நீரின் உயரமும் அதிகமாகிவரும். பாதரஸம் கண்ணுடியை நனைக்காது. அதன் மூலத்துகளின் பரஸ்பரக் கவர்ச்சி வலிமை, கண்ணுடி அதன் மூலத்துகள்களைக்



படம் 136—141

துறுகிய குழாயில் திரவங்கள்
இருக்கும்போதான வடிவங்கள்

1. நடுவாட்ட நீர் மூலத்துகள்மீதான வலிமைகள்
2. ஓர வாட்ட நீர் மூலத்துகள்மீதான வலிமை
3. ஓர வாட்ட மூலத்துகள்மீதான முடியல் வலிமை தீக்கு
4. குழாயில் நீர் ஏறி நிற்றல்
5. குழாயில் பாதரஸம் இறங்கி நிற்றல்
6. சற்று அகலமான குழாயில் நீர்ப்பரப்புள்ள வடிவம்

கவர்ச்சி செய்யும் வலிமையைவிட அதிக வளவானது. எனவே பாதரஸத்தில் கண்ணுடிக் குழாயை வைத்தால், அதில் பாதரஸம் ஏறுது; தாழும். அதன் பரப்பு வளைவு வெளிநோக்கி வளைந்ததாயிருக்கும். பரப்பு ஆர்த்திகலையொட்டி மெல்லிய குழாய்களினுள் உள்ள திரவப் பரப்புகள், வெளியிலுள்ளதி னின்று முறையே வேருன மட்டத்திலுள்ளவை, என்ற விளைப்பாட்டிற்கு இழைப்புரைப்பீரம் (காபில்லாரிடி-**Capillarity**) என்று பெயர்.

இழைப்புரைப்பீரத்துடன் (காபில்லாரிடியுடன்) உறவான நிகழ்ச்சிகள் பல உண்டு. சர்க்கரைக்கட்டி, உப்புக்கட்டி, சுண்ணும்புக்கட்டி, மணற்கட்டி, துணி முதலான 'இடுக்குயியவு' (போரஸ்-**Porous**)ப் பொருள்களில், இழைப்புரையியலினவான (காபில்லரியான) அநேக சின்னஞ் சிறு இட்டிகைகள், வலைப்பின்னலைப் போல், பல வாட்டங்களிலுமாய்ப் பொருந்தியுள்ளன.

இழைப்புரைப்பீரத்தை யொட்டிய நிகழ்ச்சிகள்

அவற்றின் வழியே, அப் பொருளை நனைக்கக்கூடிய திரவம், ஒருயரம் வரை ஏறலாம். திரவம் ஏற வியன்ற உயரம், அவ்விடுக்கு வழிகளின் குறுக்களவைப் பொருத்தவாறும் (குறுக்களவு குறையக் குறைய, முறையே, திரவமேறும் உயரம் அதிகமாகும்) அப் பொருளுக்கும் திரவத்திற்குமான மூலத்துகள் கவர்ச்சி வலிமையையொட்டியவாறும் இருக்கும். பாராங்கற் குவியல் ஒன்றின்வழியே நீர் ஏறுவதில்லை ; ஆனால் மணற் குவியலினூடே நீர் ஏறும். நீளமான ஒத்துத்தாள் (பிளாட்டிங்கு பேப்பர்-**Blotting Paper**) துண்டொன்றின் ஒரு நுனியை மையில் தோய்த்தால், அத் தாளில் சற்று உயரம் மை ஏறும் ; நூற் கயிற்றில் அதைவிட அதிக உயரத்திற்கு மை ஏறும். விளக்குத் திரியில் எண்ணெய் ஏறுவது, இழைப்புரைப்பீரத்தை (காபில்லாரிடியை) யொட்டியே. ஆமணக்கெண்ணெய், இலுப்பெண்ணெய், தேங்காய் எண்ணெய்—இன்னோரன்னவற்றைப்போன்று செடி, கொடி, முதலியவற்றினின்று ஆட்டப்படும் பைங்கூழ்ச்சுரப்பெண்ணெய்கள் (வெஜிடபிள் ஆயில்கள்-**Vegetable Oils**) இழைப்புரைப்பீரம் (காபில்லாரிடி) மிக்கவை அன்று. மண்ணெண்ணெய் வகையான தாதூறு எண்ணெய்கள் (மினரல் ஆயில்கள்-**Mineral Oils**), அத் தன்மை மிக்கவை. இவை எரிக்கப்படும் விளக்குகளில், எண்ணெய்க்கலம் அகலமாயில்லாவிட்டாலும், திரி நீளமாயிருந்தாலும், பரவாயில்லை. ஆமணக்கு எண்ணெய் வகையராக்கள் எரிக்கப்படும் விளக்குகளில் எண்ணெய்க் கலம் அகலமாயிருக்கவேண்டும் ; ஏனென்றால் விளக்கு எரிவதால், கலத்திலுள்ள எண்ணெய் குறையும்போது, அதன் மட்டம் அதிகமாய்த்தாழக்கூடாது ; அவ்வாறு தாழ்ந்துவிட்டால், அனலெரியும்இடத்து உயரம் வரை ஏறுதற்கான இழைப்புரைப்பீரத்திறன், அவ்வெண்ணெய்க்கு இல்லை : கலம் அகலமாயிருந்தால் எண்ணெயின் மட்டம் சற்றே தாழும். நமது 'அகல்' விளக்குகளும், குத்து விளக்குகளும் பைங்கூழ்ச்சுரப்பெண்ணெய்களை எரிப்பதற்கானவாறு அமைக்கப்பட்டவை. இழைப்புரப்பீரவியலையொட்டி நடைபெறும் காரியங்கள் எண்ணிலடங்காதவை. சர்வ சாதாரணமான சிலவற்றைக் குறிப்பிடலாம். விளக்குத் திரியில் எண்ணெய் ஏறல், துண்டால் உடம்பைத் துவட்டிக் கொள்ளல் சுவரில் ஈரம் ஏறுதல், நிலத்தின் கீழிருந்து நீர் ஊறல், உடையால் வியர்வை உறிஞ்சப்படல், பயிர்களில் சாறு ஏறல், என்பவை, அவ்வியலை யொட்டி நடைபெறும் தினசரி நிகழ்ச்சிகளில் சில.

பாகுதரம் (விஸ்காஸிடி)

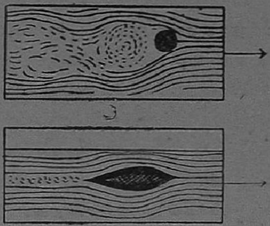
திரவங்கள் உருவங்களாய் அமைய இயலாதவை, என, நாம் அறிவோம். அவற்றின் மூலத்துகள்கள் வலிமைக்காளானபோது சரிந்துவிடுபவை. ஆயினும் எல்லாத் திரவங்களின் மூலத்துகள்களும் நிகரான இணக்கத்துடன் சரிபவை யன்று. ஒரளவேயான வலிமைக்குட்பட்டபோது சில திரவங்களின் மூலத்துகள்கள் எளிதில் சரிந்து விடுவன; மற்ற சிலவற்றினவை அவ்வளவு எளிவாய்ச் சரிவதில்லை. உயரமான கண்ணாடி ஜாடிகள் ஏழில், முறையே, ஈதர் (**Ether**), பெட்ரோல் (**Petrol**), நீர், மண்ணெண்ணெய், விளக்கெண்ணெய் தேன், கீல், என்ற திரவங்களை நிரப்புவோம். ஒவ்வொன்றிலும் நிகர் கனமான சிறு எஃகு ரவைகள் ஒவ்வொன்றை நழுவவிடுவோம். ஒவ்வொரு ரவையும், அதுவது விடப்பட்ட ஜாடியின் அடியை, முறையே சேர்தற்கென எவ்வெவ்வளவு நேரமாகும், என அளவிடுவோம். ஈதரினூடே, மூன்றிலொரு பங்கு ஸெகண்டிலும், பெட்ரோலினூடே, அதைவிடச் சற்று அதிக நேரத்திலும், நீரினூடே ஒரு ஸெகண்டிலும், மண்ணெண்ணெயினூடே இரண்டேகாலே யரைக்கால் ஸெகண்டிலும், விளக்கெண்ணெயின் வழியே பத்து நிமிஷங்களிலும், தேனின் வழியே பன்னிரண்டு நிமிஷங்களிலும், ரவைகள், முறையே கீழிறங்கி, ஜாடிகளின் அடியைச் சேர்கின்றன. கீலில் போடப்பட்ட ரவை மிக மெல்ல விழும். அரைமணி நேரத்தில் அது விழுகின்ற தூரத்தை அளவிட்டுக் கணக்கிட்டால், அது ஜாடியின் அடியைச் சேர சேர பதினாயிரம் ஆண்டுகளாகும், என அறிவோம். திரவத்தின் மூலத்துகள்களை ஒதுக்கிக்கொண்டு, அதனூடே ரவை நழுவியிறங்குகின்றது. அம் மூலத்துகள்கள் ரவையின் கனத்தாலான வலிமைக்குட்பட்டு, சரிந்துச் சென்று, அது நழுவிச் செல்வதற்கு வழி விடுகின்றன. ஆனால் எல்லா திரவங்களின் மூலத்துகள்களும் ஒரேவாறான இணக்கத்துடன் சரிதருவனவாயில. அதனால், ரவைகள், அவற்றினூடே, முறையே, இறங்குவதற்கான நேரங்கள் வேறுபடுகின்றன. திரவத்தினது மூலத்துகள்களின் சரிவுறு இணக்கத்தைப் பொருத்துள்ள பான்மைக்கு, 'பாகுதரம்' (விஸ்காஸிடி -**Viscosity**) என்று பெயர். பாகுதரம் மிக்கவை, சரிவுறுவதற்கு அதிகமாய் இணங்காதவை; பாகுதரம் குறைந்தவை, அதிக இணக்கமானவை. பாகுதரம் மிக்க திரவங்கள் 'அசதிநிபமானவை' (விஸ்கஸானவை) எனவும், பாகுதரம் குறைந்தவற்றை 'சலில்நிபமானவை' (மோபைலானவை-**Mobile**) எனவும் குறிப்பிடுகிறோம். மெஷீன்கள் முதலானவற்றை வழுக்கலாக்குவதற்குப் பயன்படும் எண்ணெய் வகைகளின் பாகுதரங்களை அறிதல், முக்கியம். கெடிகாரங்கள் முதலான நாசுக்கான கருவிகளுக்கானவை 'சலிலநிபமான' பெட்ரோல், மண்ணெண்ணெய் வகைகள். முரட்டான இயந்திரங்களையும் மிகவும் அழுத்தப்படும் மெஷீன் பரப்புகளையும் வழுக்கலாக்க பாகுநிபமான எண்ணெய்கள் உபயோகிக்கப்படவேண்டும். ஆயினும், திரவத்தின் பாகுதரத்தை யொட்டி மட்டுமே அதன் வழுக்கலாக்கும் திறன் ஆனதன்று. விளக்கெண்ணெயும் தேனும் கிட்டதட்ட ஒரேயளவு பாகுதரமானவை. தேன் வழுக்கலாக்கும் பொருளாய் பயன்படாது; விளக்கெண்ணெய் வழுக்கலாக்கும் பொருள்களில்

சிறந்ததொன்று. வழுக்கலாக்கப்படும் பரப்பின் மீது படர்ந்து அதனுடன் நன்கு ஒட்டிக்கொண்டு உரிபடாதவாறான படலமாய்ப் படியக்கூடிய பான்மையே வழுக்கலாக்கும் பொருளொன்றில் முக்கியமாய் வேண்டப்படுவது. சிறந்த வழுக்கலாக்குப் பொருள்களின் மூலத்துகள்கள் உலோகப்பரப்புகளால்கவர்சியுறு கின்றவை. எல்லா யெண்ணெய்களும் நீள் கோவை மூலத்துகள்களாலானவை. அக்கோவைகள் பலவாறு பின்னிக்கொண்டிருப்பனவானமையின் அவை அழுத் தித்தேய்க்கப்பட்ட போதும், கழன்று நழுவி விடாது இருந்துகின்றன. ஒரே பருமனளவான பல திரவங்கள், முறையே, மெல்லிய நீண்ட குழாயொன்றின் வழியே செல்வதற்கான நேரங்களைக்கண்டுகொண்டு, அவற்றின் பாகுதரங்களைக் கணக்கிடலாம். பாகுதரம் அதிகமான திரவம் செல்ல அதிகநேரம் பிடிக்கும்; பாகுதரம் குறைந்த திரவம் பாய குறைந்த நேரமாகும். இம்முறையை யொட்டி அளவைகளைச் செய்து கணக்கிட்டால், பல திரவங்களின் பாகுதரங் களை, முறையே, அறியலாம். அவ்வாறு அறியப்பட்டவை பின்வருமாறும்: 20°c வெப்பநிலையில் :—பெட்ரோல்—$\frac{1}{300}$ யூனிட்; நீர்—$\frac{1}{100}$; மண்ணெண் ணெய்—$\frac{1}{40}$; விளக்கெண்ணெய்—6; தேன்—7. வெப்பநிலை உயர உயர, பாகுதரம் முறையே குறையும். நீரின் வெப்பநிலை 100°c என்றான போது, அதன் பாகுதரம் (விஸ்காஸிடி) -$\frac{1}{600}$ யூனிட்களேயுள்ளது. ஒரு பாத்திரத்தி லுள்ள ஓட்டையோன்றின் வழியே, சாதாரண வெப்பநிலையானபோது நிமிஷத் திற்கு கால் ஆழாக்கு வீதம் நீர் வழிந்தால், அது கொதிக்கும்போது, ஒரு நிமிஷத்தில் ஒன்றரை ஆழாக்கு நீர் வடிந்து போகும்

திரவங்கள் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்குப்பாயும் தன்மையானவை. ஒரு குழாயின் வழியே நீரை மெதுவாய் ஓடுமாறு செய்தால், அந்நீரோட்டம் ஓர் ஒழுங்கை யொட்டியதாயிருக்கும். குழாயுடன் ஒட்டியவாறு வட்டவளைவாய் அமைந்துள்ள நீர்ப்படலம் சலனமின்றி இருக்கும். அதற்கு உள்ளான வட்டவளைப்படலநீர் மிகமெல்ல ஓடிக்கொண்டிருக்கும். அதற்கும் உள்ளானபட லத்து நீரினோட்டவேகம் இன்னும் சற்று அதிகமாயி ருக்கும். இவ்வாறே உள்வாட்டமாய் செல்லச் செல்ல, நீர்படலவோட்ட வேகங்களும், முறையே, அதிகமாய்க்கொண்டு போவன. குழாயின் ஆயத்து வாட்டத்தில், மற்ற படலங்களிலான வற்றைவிட அதிக வேகமாய் நீர் பாய்ந்து கொண்டிருக்கும். ஒவ்வொரு படல நீரும், முறையே, திசைமாறாது நேராய்ச் சென்று கொண்டிருக்கும். இவ்வாறான திரவவோட்டம் 'கோடுவயவை ஒட்டக்கால் சலனம்" (ஸ்ட்ரீம் லைன் மோஷன் -Stream Line Motion) எனப்படும். நீரோட்ட வேகம் ஓரெல்லை யளவை விட அதிகமானபோது, அவ்வொழுங்கு குலைந்துவிடும். அவ்வெல்லையளவான வேகம் நியதவவதி (கிரிடிகல்-Critical) வேகம் எனப்படும். நியதவவதி

கோடுவயவை
ஓட்டக்கால் சலனம்
-ஸ்ட்ரீம்லைன் மோஷன்

வேகத்தை விட அதிகவேகமான போது, 'கொந்தளிப்புச்சலனம்' டர்புலண்ட் மோஷன்-Turbulent Motion) எற்படும். அப்படி எற்பட்டபோது, நீர்ச்சுழிகள் தோன்றுகின்றன. நீரை உலுக்கவே, அதிக சக்தி வீணாய்ச்செலவாகின்றது. இக்காலத்தில், கோடுவயவை ஓட்டக்கால்லணியை (ஸ்ட்ரீம்லைனிங்கை



படம் 142—143.
கோடுவயவை ஓட்டக்கால் சலனம்
மீன்வடிவை யொட்டி சுழிகள் அதிகமாயில
உருண்டையையோட்டி அவை அதிகமாயுள

-Stream Lining) ப்பற்றி மிகவும் கேள்விப்படுகிறோம். திரவங்களினூடே, திட வஸ்துகள் செல்லக்கூடியவை. கப்பல்களை நீரினூடே செலுத்தும் போதான விளைப்பாடுகளை யொட்டிய ஆராய்சிகள், எஞ்சினியர்களால் செய்யப்படுகின்றன. திரைகடலோடியும் திரவியம் தேடும் வர்த்தகர்கள் அவ்வாராய்ச்சிகளுக்கான பொருளை செலவழிக்கின்றனர். நீரினூடே செல்லும் கப்பல்கள், நீரைப் பிளப்பதற்கென ஆற்றுவிக்கும் வலிமையினளவு குறையக்குறைய, முறையே, கப்பலை ஓட்டுவதற்கான செலவும் குறையும். அவ்வலிமை, கப்பலின் வடிவத்தை பொருத்தும், இன்னும் பலவற்றைப் பொருத்தும், இருப்பது. எனவே, எவ்வடிவமானவையாய் கப்பல்கள் கட்டப்பட்டால், அவ்வலிமையினளவு குறைந்ததாயாகும் எனவறிதல், முக்கியம். சிக்கனவலிமைச் செலவுக்கான வடிவங்கள் எவை எனக் கண்டுபிடிப்பதற்காக செய்யப்படும் ஆராய்ச்சிகள் பலன் தருபவை. கப்பல் செலுத்தப்படும் போது, நீரினால் பொருதப்படும் எதிர்ப்பு மூவகையானது. மேற்பட்டையுரசல் (ஸ்கின்ப்ரிக்ஷன்-Skin friction) என்பது முதல் வகை. நீர் மூலத்துகள்கள் கப்பலின் பக்கச்சுவர்களைக்கௌவிக் கொள்கின்றன. அவற்றை வெவ்வேறாய்ப்பிரித்து ஒதுக்கிவிட்டு நீரைக்கிழித்துக் கொண்டு கப்பல் செல்லவேண்டும். ஒரு கப்பலில், நிலக்கரி முதலானவை எரிக்கப்பட்டு பயத்தப்படும் சக்தியில் முக்கால்பங்கு, நீர் மூலத்துகள்களை, அவ்வவற்றின் அக்கம்பக்கத்து மூலத்துகள்களினின்று வெவ்வேறாய்ப்பிரிக்கும் வேலையைச் செய்வதிலேயே, செலவாகின்றது. இதையொட்டி அநேக ஆராய்ச்சி

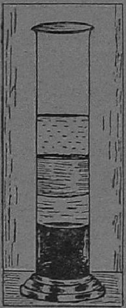
கள் செய்யப்பட்டுள்ளன; இன்னும் செய்யப்பட்டு வருகின்றன. மேற்கூறப் பட்டவாறு செலவாகும் சக்தியினளவைக்குறைப்பதற்கென, நீரில்படும் வெளிப் புறப்பக்கப் பகுதி முழுவதும் ஒருவகைச்சாந்து பூசப்படுகின்றது. அப்படி பூசப் படுவதற்கான சாந்து விதங்கள் பல உண்டு. சூட்டால் விளைவிக்கப்படும் சக்தியில் முக்கால் பங்கை, நீரினூடே செல்லச்செலவிடுவதானதென மேலே குறிப்பிடப்பட்ட கப்பல், சிறந்த ரகச் சாந்துப்பூச்சானது. சாந்துப்பூச்சு மேற் பட்டையுரசலைக் குறைப்பதற்கென பரப்பப்படுவது. இதுவரை கண்டுபிடிக்கப் பட்டவற்றில் சிறந்த சாந்தொன்று மேற்பட்டையுரசலைக்குறைக்கருமளவைவிட இருமடங்கு அதிக வளவைக் குறைக்கும் சாந்தொன்றை ஒருவன் கண்டுபிடித்து அதைப் பெருவாரியாய்ப்பயத்தும் வழியையும் கண்டு பிடிப்பானேயானால், அவன் அன்றே குபேரனாய் விடுவான். உஷ்ண சமுத்திரங்களில் செல்லும்போது கப்பலின் அடிப்புறத்தில் களைகள் மண்டுகின்றன. அடிப்புறம் முழுவதும் மூன்று அங்குல ஆழமே களைகள் குவிந்துள்ளபோது, கப்பலை நீரினூடே செலுத்துவதற்கான வேலை, களைகள் இல்லாதபோதானதைவிட இரு மடங்கு அதிகமாகின்றது. ஆதலின், கப்பலின் அடிப்புறம், தூரகற்றும் எண்ணெய்ப் பசையான சாந்தொன்றால் பூசப்படுகின்றது. கப்பல் செல்வதைத் தடை செய்யும் எதிர்ப்புக்களில் இரண்டாம் வகையினவை, நீர்ச்சுழிகள்; மூன்றாம் வகையினவை, அலைகள். நீர்ச்சுழிகளும் அலைகளும் கடலைப்பயனின்றிக் கலக்கும் வீண் கொந்தளிப்புக்கள். கப்பலொன்று கடலில் செல்லும்போது, சுழிகளும், அலைகளும் எழும் விதத்தைப்பற்றி திட்டமாய் அறிவதற்கென பின்வரும் ஆராய்ச்சிமுறை ஏற்பட்டுள்ளது. பெருங்கப்பல்களின் வடிவங்களே யான சிறு சந்தமிகல்கள் (மாடல்கள்) முறையே, செய்யப்படுகின்றன. கண்ணாடியினால் பெருந் தொட்டிகள் கட்டப்பட்டு, அவற்றில் நீர் நிரப்பப்படும். அந்நீரில் சந்தமிகல் (மாடல்) கப்பலொன்று மிதக்கவிடப்படுகின்றது. கடலில் கப்பல் செல்லும்போது, கடல் நிலையாயுள்ளது; கப்பல் சலனமாவது. அவ்வாறான நிலைமையும், கப்பல் நிலையாயிருந்து, கப்பல் சென்ற வேகத்துடன் எதிர்த்திக்கில் நீர் சலனமானால் ஏற்படும் நிலைமையும், ஒன்றுபோல்வன. இம்முறையை யொட்டி, கண்ணாடித் தொட்டியில் கப்பலின் சலனத்தின் பாற்பட்ட சோதனைகள் செய்யப்படுகின்றன. சந்தமிகல் (மாடல்) கப்பல் நிலையாய் நிறுத்தப்படும்; நீரோட்டம் பயத்தப்படும். பல வடிவங்களான சந்தமிகல்களை (மாடல்களை), முறையே, சோதனை செய்து பார்த்தபோது, மீனைப்போன்று சப்பட்டையான முன்புறமும், கூம்பிய பின்புறமுமான வடிவங்கொண்ட சந்தமிகலை (மாடலை) எதிர்த்துச் சென்ற நீரோட்டம் சுழல்கள் இல்லாததது, எனக்காணப்பட்டது. அது கிட்டத்தட்ட, கோடு வயவை ஒட்டக்கால் சலனமாய் (ஸ்ட்ரீம் லைன் மோஷனாய்) இருந்தது. எனவே, முன்புறம் சப்பட்டையாகவும் பின்புறம் கூம்பியும் உள்ளவாறு கப்பல் கட்டப்படுமாயின், அது நீரினூடே செல்லும்போது, அதைக் கொந்தளிக்கச்

செய்து, நீர்ச்சுழிகளைப் பயத்தி வீணுய்த் தன் சக்தியை செலவழிக்காதிருக்கும் என ஏற்பட்டது. மீனுக்கு அவ்வடிவம் இயல்பாகவே வாய்த்துள்ளது. கப்பல்கள் முற்றுமான மீன் வடிவினவாய் கட்டப்படுவதில்லை. கப்பல்களின் முன்புறம் அகன்ற சப்பட்டையாயிருந்தால், அது அலைகளை அதிகமாய்க் கிளப்பும். அலைகளின் மோதுதலை எதிர்ப்பதில் சக்தி செலவாகும். ஆதலின் முன்புறமும் கூம்பியவாறே, கப்பல்கள் கட்டப்படுகின்றன. அதனுல் சுழிகள் உண்டாக்கப்பட்டாலும், அலைகள் எழுப்பபடமாட்டா. அலைமோதுதலை எதிர்க்கவென வேண்டப்படும் சக்தியினளவு, சுழிகள் உண்டாதலை யொட்டி வீணுகும் சக்தியினளவைவிட அதிகமானது. சென்ற இருநூற்ருண்டுகளுக்கு முன்பிருந்து இருபுறமும் கூம்பிய வடிவமைக்கப்பட்டவாறே கப்பல்கள் கட்டப் பட்டு வருகின்றன. அவ்வடிவமான கப்பல்களே இன்றும் பல கடல்களிலும் ஓடுகின்றன. நியமிதக் கப்பலொன்றின் கிரயம், ஐம்பது லக்ஷம் பவுன்கள் இருக்கும். அதனின்று அடையக்கூடிய லாபவீதம், அதை ஒரு மைல் தூரம் செலுத்த எவ்வளவு செலவாகும் என்ற வீதத்தைப் பொருத்தது. அச்செலவு இயன்றவரை குறைவாகுமாறு, கப்பல் கட்டப்படவேண்டும். ஆதலின் எவ்வடிவினதாய், அது கட்டப்பட்டால், எதிர்வலிமை குறைவாகும், என திட்பமாய் அறியப்படவேண்டும். அதற்கென, நாம் மேற்கூறியவாறு, பல வடிவங்களான 'சந்தமிகல்கள்' (மாடல்கள்) சோதனை செய்யப்படுகின்றன. அச்சந்தமிகல்களின் (மாடல்களின்) அடித்தளம் பலகையினுலும் மேற் பகுதிகள் மெழுகினுலும் செய்யப்படும். 'மேரி அரசி' (**Queen Mary**) என்ற பெயரினதான பெருங்கப்பல் எவ்வடிவினதாய்க் கட்டப்படவேண்டும் எனத் தீர்மானிப்பதற்காக, பதினேழு அடி நீளமான பதினுறு சந்தமிகல்கள் (மாடல்கள்) செய்யப்பட்டன. சோதனைத் தொட்டி நானூறு அடி நீளமும் இருபது அடி அகலமும் இருந்தது. அச்சந்தமிகல்கள் (மாடல்கள்), கப்பல் செல்லவேண்டிய வேகங்களை யொட்டிய வீத வேகங்களுடன் செல்லுமாறு செலுத்தப்பட்டனதை யொட்டி சோதனைகள் செய்யப்பட்டன. சந்தமிகல்கள் ஒவ்வொன்றும் (மாடலும்) குறித்த வேகங்களுடன், முறையே, செல்லும் போதான எதிர்வலிமைகள் அளவிடப்பட்டன. அவற்றைக்கொண்டு, எவ்வடிவம் சிறந்தது என முடிவு கட்டப்பட்டது. அத்தொட்டியில் அலைகளைக் கிளப்பி, பேரலைகள் மோதும்போது கப்பல் எப்படி பாதிக்கப்படும், என அறியலாம்.

திரவங்களின் முக்கியமான உபயோகங்களிலொன்று, அவை பல பொருள்களைக் கரைக்கும் பான்மையானவை, என்பதைப் பொருத்தானது. சில திரவங்கள் மற்ற சில திரவங்களுடன், முறையே, கலந்து கரையமாகக் கூடியவை. ஒன்றுடனென்று கலவாதவாருன திரவங்களும் உண்டு. நீரும் சாராயமும் (ஆல்கோஹாலும்) கலவையாகக்கூடினவை. நீரும், விளக்கெண்ணெயும் கலவையாக இயலாதவை. 1 என்ற

திரவ-திரவக் கரையங்கள்

திரவத்தின் மூலத்துகள்கள் ஒன்ருெலொன்று அதிகமாய்க் கவர்ச்சியுருதவை எனவும், 2 என்ற தினவையும் ஒன்ருெலொன்று அதிகமாய்க் கவர்க்சியுருதவை எனவும், 1-ம் தி.வத்தின் மூலத்துகள்களுக்கும் 2-ம் திரவத்தின் மூலத்துகள் களுக்கும் இடை அதிகக் கவர்ச்சியில்லை எனவும், வைத்துக்கொள்வோம். அவ்வாருனபோது 1 என்ற திரவமும், 2 என்றதும் கலவையாகக் கூடியவை. 1-ம் திரவமும் 2-ம் திரவமும், முறையே, தத்தம் மூலத்துகள்கள் ஒன்றுட ஞென்றும், ஒன்றின் மூலத்துகள்கள் மற்ருென் றினதுடனும், அதிகமாய்க் கவர்ச்சியுறுவனவானபோதும், அத்திரவங்கள் கலவையாகக்கூடியவை. 1-ம் திரவத்தின் மூலத்துகள்க ளிடையான கவர்ச்சி, அதன் மூலத்துகளுக்கும் 1-ம் திரவத்தின் மூலத்துகள்களுக்குமானதைவிட அதிகமாயிருந்தால் அத்திரவகள் கலவா; 2-ம் திரவத்து மூலத்துகள்களின் பரஸ்பரக் கவர்ச்சி, அவற்றிற்கும் 1-ம் திரவத்து மூலத்துகள்களுக்குமானதைவிட அதிகமான போதும், அத்திரவங்கள் கலவா. ஆகவே, இரு திரவங்களில் ஒவ்வொன்றின் மூலத்துகள்களினிடை முறையேயான பரஸ்பரக் கவர்ச்சிகளும், ஒன்றின் மூலத்துகள்களுக்கும் மற்ருென்றினவற்றினுக்குமான கவர்ச்சியும் ஒரே வாருனவையாயிருந்தால், அத்திரவங்கள் கலவையாகின்றவை; அவற்றில் எதுவாவதொன்றின் மூலத்துகள்களது பரஸ்பரக்கவர்ச்சி, ஒன்றின் மூலத்துகள்

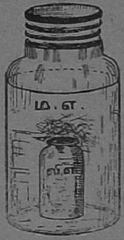


படம்—144

ஒன்றினேன்றுக் கரையர் நால்வகை திரவங்கள்
கீழிருப்பது பாதரஸம், அதன்மீதானது பீனல்—நீர் கலவை—அதன்மீது நீரும் பெட்ரோலும் கலவையானது—அதன்மீதானது பெட்ரோல்

களுக்கும் மன்ருென்றின் மூலத்துகள்களுக்குமானதைவிட அதிகமானல், அவை கலவா. திரவக்கலவைப் பண்புகள் இவ்வாறுள்ளமையின் ஒன்றுடனென்று கலவாதவாருன திரவங்கள் அநேகமுள்ளன, என எண்ணக்கூடாது. அதாவது ஒரு உயரமான பாத்திரத்தில், ஒன்றின்மீதொன்ருய் அமர்ந்தவாறு, டஜன்

கணக்கான திரவங்களை ஊற்றிவைக்கலாம் என எண்ணலாகாது. நான்கு அடுக்குகளுக்கு அதிகமான அமைப்பைத் திரவங்களைக்கொண்டு நிறுவ இயலாது. ஒன்றுடனொன்று கலவாதவாறான திரவங்களாய், நான்குக்குமேல் பொறுக்கி யெடுக்க முடியாது. கண்ணாடிப்புட்டியொன்றில், கொஞ்சம் பெட்ரோலையும், கொஞ்சம் நீரையும், கொஞ்சம் பினையிலையும், கொஞ்சம் பாதரஸத்தையும் ஊற்றி, புட்டியை அடைத்து நன்றாய்க் குலுக்கி, பிறகு அப்படியே சிலமணி சாவகாசம் விட்டுவைத்தால், அத்திரவங்கள் நான்கு அடுக்குகளாய் அமைகின்றன. அவற்றுடன், மண்ணெண்ணெய், சாராயம், கிளிஸரின், கற்பூரத் தைலம்—என்றவற்றையும் இன்னும் பல திரவங்களையும் சேர்த்துக் குலுக்கி விட்டு வைத்தாலும், நான்கு அடுக்குகளுக்கு அதிகமான அஞ்சிதம் அமையாது. இவ்வாறு, அவற்றிடை, முறையேயான பிரிவினைப் படலங்கள் மூன்றுக்குமேல் இருக்கா. கலவைப் பண்பையொட்டியவாறு, திரவங்கள் மூவகையானவை. முதல் வகையானதொன்றின் மூலத்துகள்கள் ஒன்றையொன்றையும் அவ்வகையான மற்றவற்றின் மூலத்துகள்களையும் பலமாய்க் கவர்ச்சி செய்கின்றவை. இரண்டாம் வகையினதானதொன்றின் மூலத்துகள்கள் ஒன்றையொன்றையும் அவ்வகையான மற்றவற்றின் மூலத்துகள்களையும் குபலமாய்க் கவர்ச்சி செய்கின்றவை. பெட்ரோல், ஈதர், குளோரேபார்ம், கற்பூரத்தைலம், சாம்பிராணித் தைலம் என்றவையும் இன்னும் பல எண்ணெய்களும் இரண்டாம் வகையினவை. முதல் வகையினவற்றில் முக்கியமானது, நீர். முதல்வகைத் திரவம் எதுவும் இரண்டாம் வகையான எதுவுடனும் கலவாது சில திரவங்கள், மேற்கூறப்பட்ட இருவகைத் திரவங்களுடன் கலவையாகின்றவை. அவற்றின் மூலத்துகள்கள்



படம்—145

திரவவிரவல் (**Diffusion of Liquids**)

ம. எ—மண்ணெண்ணெய், வி. எ—விளக்கெண்ணெய்

மிதக்கவர்ச்சியியலினவை. சாராயம், கிளிஸரீன்—இத்தினுசானவை. திரவ உலோகங்கள் மூன்றும் வகையினவை. அவற்றில் முக்கியமானது, பாதரஸம். அது மற்ற திரவ உலோகங்களைத் தவிர வேறு எவ்வகைத் திரவத்துடனும்

கலவாதது. கலவையாகக்கூடிய திரவங்கள் எவ்வெவ்வளவாகவேனும் கலக்கின்றவை. குறித்த வோரளவானத் திரவமொன்று, குறித்தவளவான மற்றொரு திரவத்துடன் கலவையாகி, எஞ்சின திரவம் கலவாது தனியே நிற்கும் என்றில்லை. கலக்கக்கூடிய திரவங்கள் சேர்த்துக் குலுக்கப்படாமலுங்கூட, கலவையாகலாம்; செறிவு அதிகமான திரவம் கீழும், செறிவு குறைந்த திரவம் மேலும், ஆனவாறு ஊற்றப்பட்டபோதுங்கூட அவைக் கலக்கின்றன. விளக்கெண்ணெய் மண்ணெண்ணெயைவிட செறிவு அதிகமானது. ஒரு சிறு புட்டியில் விளக்கெண்ணெயை நிரப்பி, புட்டியை அடைக்காமல், ஒரு பெரிய புட்டியினுள் வைத்து, அப்புட்டியில் மண்ணெண்ணெயை நிரப்பி, கெட்டியாய்த் திருகு மூடியால் அடைத்துவிட்டு, அப்படியே ஒரு புறம் வைப்போம். சில நாட்களுக்குப்பின், மூடியைக் கழற்றிவிட்டுப் பார்த்தால், இரு எண்ணெய்களும் கலவையாகி யிருப்பதைக் காணலாம். செறிவு அதிகமான விளக்கெண்ணெய் தன் மேற்புறமாயிருந்த மண்ணெண்ணெயினுள் ஏறியுள்ளது; செறிவு குறைந்த மண்ணெண்ணெய், தன் கீழுள்ள விளக்கெண்ணெயினுள் இறங்கியுள்ளது. புட்டியைக்குலுக்காமலே, இரு எண்ணெய்களும் கலந்துவிடுகின்றன. இவ்வாறு தாமாகவே இரு பொருள்கள் கலவையாகுதற்கு, 'விரவுதல்' (டிப்யூஷன் Diffusion) என்று பெயர்.

திரவங்ககளில் கலந்து அவற்றுடன் கரையமாகும் திடப்பொருள்களும் உள, என நாம் அறிவோம். கொஞ்சம் உப்பை எடுத்து நீரில் போட்டுக் கலக்கினல், அவ்வுப்பு நீரில் கரைந்துவிடும். பார்வைக்குக்காணப்படாவிடினும் அவ்வுப்பு எங்கேயோ மாயமாய்ப் போய்விடவில்லை. அது நீரில் தான் உள்ளது. அந்நீரின் சுவை உப்புக் கரிக்கும். அந்நீரை நன்ருய் கொதிக்கவைத்தால், அது ஆவியாய்ப்போய்விடும், எஞ்சியது உப்பே. மெழுகுக்கட்டியாவது, கூழாங்கல்லாவது நீரில் கரைவதில்லை. எண்ணெயில் உப்பு கரையாது. எண்ணெயில் மெழுகு கரையும். எவ்வெவ்வான திடப்பொருள்கள், முறையே, எவ்வெவ்வான திரவங்களில் கரையுறல் இயலும் என்பதை யொட்டியவாறு திரவங்கள் மூவகையானவை. இவ்வகைகளும் திரவக்கலவை முறையை யொட்டியே யுள்ளன. நீரும் அன்னோரன்னவையும் முதல் வகையினவை. இவ்வகைத் திரவங்களில் உப்புகள்—ஆஸிட்கள்—ஆல்கலிகள்—சர்க்கரைகள்-முதலானவை கரையக்கூடியவை. இப்பொருள்களின் மூலத்துகள்களில், முறையே,நீர்மூலத்துகள்களைச் கவர்ச்சி செய்யுமாறுன அணுத்தொகுதிகள் உள்ளன. இரண்டாம் வகையில், பெட்ரோல்-மண்ணெண்ணெய்-சாம்பிராணித்தைலம் முதலானவை, அடங்கியவை. இவற்றில் உப்புகள்-சர்க்கரைகள்-முதலானவை கரையா. குடம், கந்தகம், மெழுகு-முதலானவை கரைவன; இப்பொருள்கள் நீரில்

திட-திரவக்கரைய முறையும் திட-திடக்கரைய முறையும்

கரையாதவை. பாதரஸம் மூன்றும் வகையானது. அதில் உலோகங்களைத் தவிர மற்ற எவையும் கரைய மாட்டா. பாதரஸவுலோகக்கலவைகள் திடப் பொருள்களாயுள்ளன. அவை 'இரதமிழைக்கைகள்' (அமால்கங்கள் -**Amalgams**) எனப்படுகின்றன. உலோகங்கள் உருகித் திரவ நிலைமையிலுள்ள போது மற்ற உருக்குலோகங்களுடன் சேர்வாகி, பிறகு இறுகியபோதும் கலவை களாகவே உள்ளன. அவை 'அளாவல்கள்' (அல்லாய்கள்-**Alloys**) எனப்படு கின்றன. ஆயினும், ஒன்றுடனொன்று கலவாத உலோகங்களும் சிலவுள. காரீயத்தையும் துத்தநாகத்தையும் சேர்த்து உருக்கினால், உருக்கு திரவத்தின் அடிப்பகுதி செறிவு அதிகமான ஈயவுருக்கையாயும், மேற்பகுதி செறிவுகுறைந்த துத்தநாக வுருக்கையாயும் இருப்பன. பிறகு, திரவம் இறுகிக் கெட்டிப்படும் போது, அவ்வுலோகங்கள் தனிவேறுகின்றன. பொன்னும் வெள்ளியும் சிறப் பாய்க்கலப்பாகின்றவை. செம்பு-பொன், செம்பு-வெள்ளி, செம்பு-துத்தநாகம் என்றவற்றாலும், இன்னும் பலவகைச் சேர்வுகளாலுமான அளாவல்கள் (அல்லாய்கள்) அமைவன.

திரவங்கள் கலவையாதல், திடப்பொருள்கள் திரவங்களில் கரைதல், என்ற பண்புகள் மிகமுக்கியமானவை. அவை அப்பான்மைகளுடனில்லா விடின் நாம் உயிர்வாழமுடியாது. நமது உணவுப்பொருள்கள் எற்றவாறு கரையங்களாவதினாலேயே, உணவு செரிமான மாகின்றது. திரவங்கள் இரத்தத்தில் கலப்பதினா லேயே, செரிக்கப்பட்ட ஊன் உடலின் பல பகுதி களுக்கும் செல்லலாம். உடலின் ஸெல்கள் எல்லாங் 'கரைய-கலவை' முறையை யொட்டியே வேலை செய்கின்றன. திடப் பொருள்கள் இரண்டை நன்கு சேர்க்க வேண்டுமானால் இரண் டையும் ஒரு திரவத்தில் சேர்த்துக் கரைத்தலே, சிறந்த வழி. மருந்து கலக்குகிறவர்களும் ரஸாயன மிழைக்கை செய்வோரும் இதைநன்கறிந்தவர்கள். பழ வுப்புக்கள் (**Fruit Salts**) எனப்படும் பேதி வுப்புக்கள் நீரில் கரைக்கப் படுவதின் தொடர்பான ரஸாயன மாற்றத்தைக் கவனிக்கலாம். அவ்வுப்புக் கலவையில், மதுகமும் (டார்டாரிக் ஆவிடும்-**Tartaric acid**), சோடாவுப்பும் (ஸோடியம் பை கார்பனேட்டும் - **Sodium bi carbonate**), மாக்ஸல்பும் (மக்னீஷியம் ஸல்பேட் - **Magnesium sulphate**) உள்ளன. திடப்பொரு ளான டார்டாரிக் ஆவிடின் ஒரு நொய்யும் பல்கோடி மூலத்துகள்களைக் கொண்டது, எனவும், அவை படிகமுருவிகளாய் (கிரிஸ்டல்களாய்) கிராதி யடைப்புகளில் (லாட்டிஸ்களில்) அமைந்தவை, எனவும், அறிவோம். ஸோடியம் பை கார்பனேட் மூலத்துகளிலும் ஸோடியம் அணுக்களும், கார்பன் அணுக்களும், ஹைட்ரஜன் அணுக்களும், ஆக்ஸிஜன் அணுக்களும் அணி யணியாய் அமைந்தவை. எனவே, இரு பொருள்களின் மூலத்துகள்களும்

கரையங்களின் பயன்கள்

மிகவும் நெருங்கியுள்ளவையாயினும், கிராதியடைப்புத் தடுப்புக்களால் நீப்பாக்கப்பட்டவையே. இன்னும், பொடி செய்யப்பட்டுள்ள பொருளிலுள்ள தனித்தனித்திணைகள் மெய்யாகவே ஒன்றையொன்று தொட்டுக்கொண்டிருப்பவை யன்று. இருதிணைகளிடை காற்றினாலான மெல்லிய படல் இருக்கும். ஆதலின் நெருங்கியுள்ள அவ்விரு பொருள்கள் ஒன்றையொன்று பாதிக்காதுள்ளன. அவற்றை நீரில் போட்டுக்கரைப்போம். டார்டாரிக் ஆஸிட் மூலத்துகள்கள் நீர்மூலத்துகள்களால் கவர்ச்சியுற்று, கிராதியடைப்பை உடைத்து கொண்டு வெளிப்படுகின்றன. அவ்வாறே ஸோடியம்பை கார்பனேட் மூலத்துகள்களும் விடுபடுகின்றன. வெளிப்பட்ட இருவகை மூலத்துகள்களும் நீரின் மூலத்துகள்களிடை அலைகின்றன; கூடிய சீக்கிரத்தில் அவை சந்திக்கின்றன. அப்போது அவை கூடிவருமாறுதலால் அவற்றின் அணுக்கள், முறையே, பரிமாற்றப்படுகின்றன. ஒரு டார்டாரிக் ஆஸிட் மூலத்துகளும் ஒரு ஸோடியம் கார்பனேட் மூலத்துகளும் பரஸ்பரமாய் அணுக்களை பரிமாறிக்கொள்தலையொட்டி ஒரு ஸோடியம் டார்ட்ரேட் மூலத்துகளும், ஒரு நீர் மூலத்துகளும், ஒரு கார்பண்டை ஆக்ஸைட் மூலத்துகளும் உண்டாகின்றன. ஸோடியம் டார்ட்ரேட்மூலத்துகள்கள் நீர்மூலத்துகள்களால் கவர்ச்சியுறுகின்றவை. எனவே ஸோடியம் டார்ட்ரேட் நீரில் கரைந்து விடும். கார்பன் டை ஆக்ஸைட் மூலத்துகள்கள் நீர் மூலத்துகள்களால் அவ்வளவாய்க் கவர்ச்சியுறுவனவல. கார்பன் டை ஆக்ஸைட் நுரையாய்ப் பொங்குகின்றது. இங்ஙனம் திடப்பொருள் நிலைமையிலுள்ளபோது சேர்க்கப்பட்டபோது ரஸாயன மாற்றமாகாவாறான பொருள்கள் பல, கரையங்களானவாறு சேர்வாயினபோது, அவற்றில் ரஸாயன மாற்றங்கள் பயத்தப்படுகின்றன. மிகச் சிறிதளவானவையாயானவாறு பொருள்களைக் கூறு செய்தற்கான வசதியளித்தல், என்பதே கரையங்களின் மற்றொரு முக்கியமான உபயோகம். ஆட்ரோபின் (Atropine) என்ற மருந்து கடும் விஷமான ஆல்கலாயிடு. ஆயினும், மிகச் சிறு அளியளவில் (டோஸில்-Dose), அது கண் மருந்தாய்ப்பயன்படுவது. ஒரு குன்றிமணியில் இருநூற்றிலொருபங்கு நிறையான ஆட்ரோபின் ஒரு நோயாளியின் கண்ணில்விடவேண்டும், என வைத்துக் கொள்வோம். மருந்தைப்போடும் வைத்தியர், இருபது குன்றிமணி நிறை ஆட்ரோபினை நிறுத்து, ஒரு ஆழாக்கு நீரில் கரைப்பார். (1 ஆழாக்கு $=200$ கனஸெ.மீ.) ஒரு ஆழாக்கு நீரில், நாலாயிரம் துளிகள் உள்ளன. எனவே, கரையத்துளியொன்றில் $\frac{20}{4000}=\frac{1}{200}$ குன்றிமணி ஆட்ரோபின் இருக்கும். அத்துளியொன்றை நோயாளியின் கண்ணிலிட்டால், சரியான அளியளவு (டோஸ்) மருந்து போடப்படும். அவ்வளவு சிறிதளவான மருந்தைத் தராசால் நிறுத்து எடுத்து கண்ணில் போடுவதென்பது, சுலபமல்ல. துளிகள் எல்லாம் ஒரேயளவு பருமனுள்ளவையன்று. நாம் மேலே குறிப்பிட்டது, சராசரி அளவையே; நோயாளியின் கண்ணில் ஒரு துளிக்குப்பதிலாய் இரண்டு துளிகள் விழுந்தாலும், பாதகமில்லை; கண் கெட்டுப்போய்விடாது.

கரையமுறையைக் கையாண்டு, திடப்பொருள்கள் இரண்டாலான கலவை யொன்றை அவற்றில் ஒன்றுமட்டுமே கரையக்கூடிய திரவத்தில் கரைத்து, அதை மற்றொன்றினின்று தனிவேறாய்ப் பிரிக்கலாம். காபியாஸ்பிரின் (**Cafiaspirin**) என்ற தலைவலி மாத்திரை மருந்திலுள்ள, காபீன் (**Caffein**) என்ற பொருள் கரையப் பிரிவினை முறையையொட்டி செய்யப்படுவது. தேயிலையில் நான்கு சதவீதம் 'காபீன்' உள்ளது. பானமாவதற்குத் தகுதி யற்றது எனத் தள்ளுபடியான தேயிலைத் தூளினின்று, காபீன் பிரித்தெடுக்கப் படுகின்றது. அத்தூளும் ஆல்கோஹாலும் சேர்க்கப்பட்டு கொதிக்க வைக்கப் படும். ஆல்கோஹாலில், காபீனும், தேயின் (**Tannin**) என்ற மற்றொரு பொருளும் கரைந்துவிடும். (தேயிலையை அதிகநேரத்திற்குக் கொதிநீரில் போட்டுவைத்ததாலான தேநீரில் ஏற்படும் ஒருவகைக் கடுப்பான சுவை, தேயீன் காரணமானது). இலை, நார், முதலான ஸெல்யூலோஸ் பொருள்கள் ஆல்கோ ஹாலில் கரைவதில்லை. கொதித்துள்ள கரையம் வடிகட்டப்படும். வடிகட்டி யினூடே இறங்கும் திரவம், காபீனும் தேயீனும் கரைந்துள்ள ஆல்கோஹால் கரையம். அதனுடன் ஈய அஸிடேட் (**Leadacetate**) திரவம் கலக்கப்படும். ஈய அஸிடேடும் தேயீனும் ரஸாயனமாய் ஐக்கியமாகி, ஆல்கோஹாலில் கரைய இயலாத பொருளாய் மாறிவிடுவன. அது, அக்கரையத்தின் அடிப்பாகத்தில். வண்டலைப்போல் படிந்துவிடும். இப்படி ஒரு கரையத்திலுள்ள பொருளுக்கு 'விழல்படிவை' (பிரிஸிபிடேட்-Precipitate) என்று பெயர். மெல்லிய பிளாட்டிங்கு பேப்பரைப்போலுள்ள வடிகட்டித்தாள் (பில்டர் பேபர்-**Filter paper**) என்றதினூடே, விழல்படிவையைக் கொண்ட கரையம் வடிகட்டப்படு கின்றது. வடிகட்டியினூடே இறங்கிய திரவம், காபீன்மட்டும் கலந்துள்ள ஆல்கோஹால் கரையம். அதைக் காய்ச்சினால், ஆல்கோஹால் ஆவியாய்ப் போய்விடும். காபீன் சிறு படிகமுருவிகளாய் (கிரிஸ்டல்களாய்)த் தங்கிவிடும். அது, சற்றுக் கலப்பானதே. அப்படிகமுருவிகளை (கிரிஸ்டல்களை) நீரில் போட்டு நன்றாய்க் கொதிக்கவைத்தால், அவை கரைந்துவிடுகின்றன. பிறகு, நீரைச் சூடாறும்படி விட்டுவைத்தால், சுத்தமான காபீன் படிகமுருவிகள் (கிரிஸ்டல்கள்) தனிப்படுகின்றன. சாதாரணமான வெப்பநிலையில் சிறிதளவான காபீனே நீரில் கரையும்; கொதி நீரில் அதிகவளவான காபீன் கரையக்கூடும். எனவே, கொதித்துக்கொண்டிருந்த நீர், ஆறிவரும்போது, அதிலிருந்து காபீன் பிரிந்துவிடுகின்றது. மாசுகள் நீரில் கரைந்தவாறு நீக்கப்படுகின்றன. செடி, கொடிகள் முதலியவற்றினின்று ரஸாயனப் பொருள்களைக் காய்ச்சிப் பிரித் தெடுப்பதற்கென, மேற்கூறப்பட்டவாறான செய்படுகிரல் (புரோஸஸ்) பொது வாய் கையாளப்படுவது. சின்கோனா பட்டையினின்று கொயினாவை எடுக்கப் படலும், அபினியிலிருந்து மல்லபினி (மார்பியா-**Morphia**)ச் செய்யப்படலும், அம்முறையையொட்டியேயாம்.

வஸ்துக்களைச் சுத்தமாக்கற்கென, அவற்றைக் கழுவும்போது, அழுக்கு முதலியவற்றைக் கரைத்து, அவற்றை அகற்றுகிறோம். சாதாரணமாய்ப் படிந்த அழுக்கை எத்திரவத்திலும் தேய்த்துக் கழுவிவிடலாம். சர்க்கரை—மாவுப் பசையான கறைகளையும் அவற்றுடன் ஒட்டிக்கொண்டுள்ள அழுக்கையும் நீரால் கழுவி நீக்கவேண்டும். எண்ணெய்ப்பசையானவற்றையும் அவற்றாலான அழுக்கையும், பெட்ரோல், முதலியவற்றைக்கொண்டு அகற்றவேண்டும். எல்லா வகை அழுக்குகளையும் கறைகளையும் தேய்த்துக் கழுவ, சோப் நீர் சிறந்தது.

குறித்த வெப்பநிலையில், ஓரளவான திடப்பொருளே ஓரளவான திரவத்தில் கரையக்கூடும். அதைவிட அதிக வளவான திடப்பொருளைத் திரவத்தில் சேர்த்தால், அது கரையாமல் அப்படியே தங்கிவிடும். சாதாரண வெப்பநிலையில், ஒரு படி நீரில் இரண்டு வீசைச்சர்க்கரையை கரைக்கலாம். கொதி நீரில் நாலரை வீசைச்சர்க்கரை கரையும். திடப்பொருள் சொற்பமாகவே யுள்ளபோது, அதன் மூலத்துகள்கள் எல்லாம் நீர் மூலத்துகள்களால் கவர்ச்சியுற்று, நீருடன் சேர்தலையொட்டி கரையம் அமைகின்றது. ஆயினும், கிராதியடைப்புகளிலிருந்து விடுப்பட்டு நீரில்சேர்ந்துள்ள அம்மூலத்துகள்களில் சிலவற்றை, பிறகு கூட்டப்படும் திடப்பொருள்களின் கிராதியடைப்புகளிலுள்ளவை கவர்ச்சி செய்கின்றன; அதனால் நீரையடைந்த திடப்பொருள் மூலத்துகள்கள் சில மீண்டும் கிராதியடைப்புக்களில் ஈர்த்துக் கொள்ளப்படாதவாறு, நீர்மூலத்துகள் அவற்றை எதிர்வாட்டத்தில் இழுத்துப் பிடித்துக்கொள்ளவேண்டியதாகின்றது. எனவே, பிறகு கூட்டப்படும் திடப்பொருளினின்று அதிகமாய் வந்துசேர, சேர, அதிலிருந்து விடுபட்டு நீரில் மேலும் மேலும் கலவையாகும் திடப்பொருள் மூலத்துகள்களின் எண்ணிக்கை, முறையே, குறைந்து கொண்டுவரும். இறுதியில், மேலும் அதிகமான திடப்பொருள் மூலத்துகள்களைக்கவர்ச்சி செய்வதற்கான வலிமை நீரின் மூலத்துகள்களுக்கு இல்லாதவாறான நிலைமை ஏற்படும்; நீர் மூலத்துகள்களின் கவர்ச்சி வலிமை முற்றும் தம்மிடம் சிக்கியுள்ள திடப்பொருள் மூலத்துகள்கள் மற்ற திடப்பொருள் மூலத்துகள்களால் ஈர்க்கப்பட்டு நீங்கிவிடாதபடி பிடித்துக் கொள்வதற்கே போதுமானதாகின்றது. அந்நிலைமையிலுள்ள கரையம், தெவிட்டு வரைக்கரையம் (ஸாச்சுரேடட் ஸொல்யூஷன்-**Saturated solution**)எனப்படும். அக்கரையம் சூடாக்கப்படும்போது, திடப்பொருள் மூலத்துகள்களின் துடிப்பு வேகம் அதிகமாகின்றது. அதனால் அவை அதிக தூரத்திற்கும் தாவுகின்றன. திடப்பொருள் மூலத்துகள்களிடையான கவர்ச்சி வலிமையினளவு குறைகின்றது. எனவே, நீர் மூலத்துகள்கள் இன்னுஞ்சில திடப்பொருள் மூலத்துகள்களைக் கைப்பற்றிக்கொள்கின்றன. சிறிதளவு திடப்பொருள் மேலுங்கரைகின்றது. அதிக வளவான வெப்பநிலையில், அதிக வளவான திடப்பொருள்

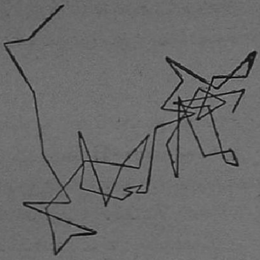
கரையங்களும் வெப்ப நிலையும்

கரைகின்றது. அதிக வெப்பநிலையிலுள்ள தெவிட்டுவரைக் கரையமொன்று ஆறும்போது, திடப்பொருள் மூலத்துகள்களின் கவர்ச்சி வலிமை அதிகமாகின்றது. நீரால் கவரப்பட்டிருந்த திடப்பொருள் மூலத்துகள்கள் சில நீரினின்று நீங்கி தம் கிராதியடைப்புகளைக் கொண்டு அமைகின்றன. படிகமுருவிகள் தோன்றுகின்றன. கரையம் பின்னும் ஆறும்போது திடப்பொருள் மூலத்துகள்களின் கவர்ச்சி வலிமை இன்னும் அதிகமாகின்றது. நீரிலுள்ளவற்றில் சிலவற்றைக் கவர்ந்து கொள்கின்றன. படிகமுருவிகள் அதிகவாயும் பெரியவையாயும் ஆகின்றன.

தோங்குக் கலுழிகளும் கூழிடியல் கரையங்களும்

இதுகாறும் நாம் ஆராய்ந்த கரையங்கள் பார்வைக்குத் தெளிவானவை. அவை ஒருபடித்தியல் (ஹாமோஜீனஸ்-**Homogeneous**) ஆனவை. சேற்றுக் குழம்பான கலங்கனீர் அவ்வாறில்லை. ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் சேற்றுநீரை நிரப்பி, அதை நன்றாகக் கலக்கிவிட்டு, அப்படியே விட்டுவைப்போம். சிறு பருக்கைக் கற்கள், மணல், முதலானவை உடனே அடிப்பாகத்திற்கு இறங்கிவிடுகின்றன. அரைமணி நேரமான பின் அந்நீரைக் கவனித்தால், அதன் மேற்பகுதியில் பார்வைக்கு அகப்படக்கூடியவளவான திடப்பொருள் ஒன்றும் காணப்படாது. அவையெல்லாம் கீழ்ப்பகுதியை அடைந்திருப்பன. ஆயினும் கரையம் தெளிந்திருக்காது. கலங்கல் குழம்பாகவே காணப்படும். அதில்ஒரு துளியை எடுத்து மைக்ராஸ்கோப்பில் வைத்துப் பார்த்தால், அதில் பல்லாயிரக்கணக்கான சின்னஞ்சிறு தூள்கள் தென்படுவன. அக் கலங்கனீரை இன்னும் இரண்டு நாட்களுக்கு அப்படியே விட்டுவைத்து, பிறகு, நோக்கினுல், அது தெளிந்ததாய்க் காணப்படும். எனவே, ஒரு தூளின் அளவு குறையக் குறைய, அது கீழே அமிழ்வதற்கான நேரம், முறையே, அதிகமாகும், என, அறிகிறோம். நீர் மூலத்துகள்கள் அங்குமிங்குமாய் அலைந்தோடிக் கொண்டுள்ளவை. அப்படி, அவை செல்லும்போது, சின்னஞ்சிறு தூள்களை மோதுகின்றன. அப்படி மோதுபடுவதால் அச்சிறு தூள் அசைவுறுது. மூலத்துகளொன்று மணற்மினையொன்றைமோதுவது,பருக்கைக்கல்லொன்று பெரும்மலையொன்றை இடிப்பதற்கொப்பாகும். ஆனுல் அத்தினையளவில் மிகச்சிறு பங்களவேயான நுண்துகள்கள் மூலத்துகள்களால் இடிக்கப் படலையொட்டி, சற்று அசைந்து துள்ளுகின்றன. ‘இருந்தைமை’ (இண்டியன் இங்கி-Indianink) என்ற கன்னங்கரேலான மையில் ஒரு சொட்டை அதிக நீருடன் கலந்து, அந்நீர் மிக்கக் கரையத்தில் ஒரு துளியை எடுத்து, அதை, ஆயிரம் மடங்கு உருப்பெருக்கம் செய்யக்கூடிய சிறந்த மைக்ராஸ்கோப்பைக்கொண்டு பார்த்தால், தெளிவான திரவத்தினிடை பல்லாயிரக்கணக்கான சிறு கருவல் பொட்டுகள் மிதந்துகொண்டுள்ளனதைக் காணலாம். அவை, மிக நுண்ணிய கரித்துகள்கள். அவை, ஓயாது ஆடிக்

கொண்டுள்ளவை; புரண்டுருண்டுகொண்டு தத்தளித்துக் கொண்டுள்ளவை. அவை, பல்கோடிக்கணக்கான நீர்மூலத்துகள்களால் மோதுண்டு உலுக்கப் படுகின்றவை; மூலத்துகள்களை நேரே காணமுடியாவிடினும், அவை உள்ள வையே என்பதை நிரூபிக்கும் கண்கூடான சான்று, அவற்றின் விளைப்பாடான (எபக்டான) அப்பதைபதைப்பேயாம். அது, 'பிரௌனியன் இயக்கம்'



படம்—146

மூலத்துகள் பாற்பட்ட பிரௌனியன் இயக்கம்.

(**Brownian movement**) எனப்படுகின்றது. இருந்தைமையின் (இன்டியன் இங்கியின்) சிறுதுகள்கள் நாளடைவில் அந்நீர்மிக்கக்கரையம் ஊற்றப்பட்டுள்ள பாத்திரத்தின் அடிப்பகுதியில் படிந்துவிடுவன. எல்லாத்துகள்களும் படிவ தற்கு, ஓராண்டாவது ஆகும். திரவமொன்றில் கரைக்கப்படும் திரவப்பொருள் ஒருபடித்தியலாய் (ஹாமோஜீனஸாய்)க் கரையாமல், மேற்கூறப்பட்டவாறு கரைந்திருந்தால், அக்கலவை,' தொங்குக்கலுழி' (ஸஸ்பென்ஷன்-**Suspension**) எனப்படும். எண்ணெயியலான திரவத்தின் சின்னஞ்சிறு துளிகள் மற்றொரு திரவத்தில் கரையாமல் மிதந்துகொண்டிருப்பதால் மற்றொருவகையான தொங்குக் கலுழி(ஸஸ்பென்ஷன்) ஏற்படும். அதற்கு 'நெய்ப்பயசு' (எமல்ஷன் **Emulsion**) என்று பெயர். எல்லோரும் அறிந்த நெய்ப்பயசு (எமல்ஷன்), பால். பாலில், அதன் எட்டில் மிதந்துகொண்டுள்ள வெண்ணெய்த் துளிகளும், காஸீன் (**Casein**) என்ற பொருளும் சர்க்கரையும் நீரும் இன்னும் பல பொருள் களும் உள்ளன. பாலைப்பிரைத்துத் தயிராக்கிக் கடையும்போது, அதிலுள்ள வெண்ணெய்த்துளிகள் திரட்டப்பட்டு, வெண்ணெய் எடுக்கப்படுகின்றது. சாதாரணமான தொங்குக் கலுழிகளிலுள்ள திடப்பொருள் நாளடைவில் படிந்து விடும். ஆனால், அவ்வாறு படிந்துவிடாமல், தொங்குக் கலுழியாகவே சில உள்ளவை. அவற்றின் தொங்குத்துகள்கள் மின்னேற்பானவையாய் இருக் கலாம். அவை, மறுமின்னேற்பானவையாயும் நீர் இடமின்னேற்பானதாயும் ஏற்பட்டால், ஒரேவகை மின்னேற்பான துகள்கள் ஒன்றினின்றொன்று விலகிச் செல்லும் போக்கானவையாய் ஆகின்றன. ஆதலில் அவை ஒன்றையொன்று

அணுகவொட்டாதுள்ளவை. அவை நீரின் அடிப்பகுதியில் ஒன்றுசேர்ந்து படிந்திருத்தல், இயலாது. அவை 'தொங்குக் கலுழி' (ஸஸ்பென்ஷன்) நிலைமையிலேயே இருத்தல் வேண்டும். அவ்வாறுனவை, 'கூழீடியல்' (கொல்லாயிடல்—Colloidal) கரையங்கள் அல்லது 'கரைக்கதுவுகள்' (ஸால்கள்-Sols) எனப்படுகின்றன. வெள்ளித் தகள்களைக் கொண்ட நீர்க்கரைக்கதுவு (ஸோல்) வெள்ளியையும் இன்னுஞ்சில ரஸாயனப் பொருள்களையும் நீரில்கலக்கி செய்யப்படுவது. அது கருங்காவி நிறமான திரவமாயிருக்கும்; வைத்திய சிகிச்சையில் பயன்படுவது.

இனி, வாயுக்களைக் கவனிப்போம். வாயு மூலத்துகள்கள் ஒன்றினொன்று கவர்ச்சியுறும் வலிமை அதிகமன்று. எனவே, அவை தாமுள்ள இடத்தில் சுயேச்சையாய்த்திரிந்து கொண்டுள்ளன. அவை, அப்படி அலையும் போது, அதிகவேகமாய்ச் செல்பவை; அடிக்கடி ஒன்றையொன்று மோதிக்கொள்பவை. அம்மோதலால் அவற்றின் வேகம் குன்றுவதில்லை; செல்லும் திக்குமட்டுமே மாறும். ஓரிடத்திற்குள் அடைக்கப்பட்டு, அதனுள் அங்கு மிங்குமாய் அலைந்து கொண்டுள்ள மூலத்துகள்களை எல்லாம் நிலையாய் நிறுத்தி அடக்கினுேமாயின், அப்போது, அவையுள்ள இடம் முன்னிடத்தில் மிகச்சிறுபங்கினதாயிருக்கும். அம்மூலத்துகள்கள் அலைந்து கொண்டுள்ளனவாதலையொட்டியே முழுவிடமும் வாயு நிறைந்தவாறுள்ளது.

வாயு மூலத்துகள்களின் இயக்கம்

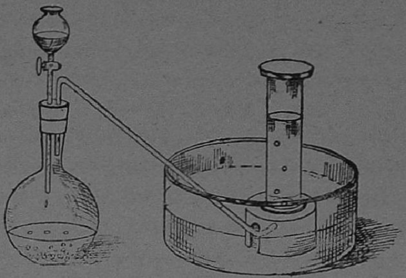
பொதுவாக, வாயு மூலத்துகளொன்று மற்றொன்றை இடிக்காமல் அசையக் கூடிய இடம், திரவமொன்றில் அவ்வாறேயான இடத்தைவிடப்பல்லாயிரம் மடங்கு பெரிதானது. எனவே, ஓரளவுப்பருமனுன இடத்தில் வாயுவொன்றிருந்தால், வாயு மூலத்துகளின் கூட்டுப்பருமனளவு மிகக்குறைவாகவும், ஒன்றுமில்லாத இடப்பகுதி அதிகமாகவும் உள்ளது. அக்கூட்டுப்பருமனளவு·இடத்திலுள்ள வாயுப்பொருளின் நிறையை, முழு இடத்துப்பருமனுல் வகுப்பதால், வாயுவின் செறிவு அளவிடப்படுவது. அவ்வளவு சிறிதாகவே இருக்கும். ஆகவே, பொதுவாக வாயுக்களின் செறிவுகள் குறைவாகவே யுள்ளவை. வாயு மூலத்துகள்கள் அங்குமிங்குமாய் அதிவேகத்துடன் சென்று கொண்டுள்ளனவாதலால், அவ்வாயு அடக்கப்பட்டுள்ள பாத்திரத்தின் பக்கத்தடுப்புக்களை, அவை, அடிக்கடி மோதிக்கொண்டேயுள்ளன. பல கோடானு கோடிக்கணக்கான மூலத்துகள்கள் ஆங்குள்ளமையின், அத்தடுப்புக்கள் இடையருது மோதப்பட்டுக் கொண்டேயுள்ளவை. அம்மோதுதல்களை யொட்டியான வலிமையே வாயுவின் 'அமுக்கம்' எனப்படுவது. மூலத்துகள் ஒன்று ஓரளவான வேகத்துடனேயே மீள்கின்றது. வேகத்தின் அளவு மாறுதிருப்பினும், மூலத்துகள் செல்லும் திக்கு மோதலுக்கு முன்னிருந்ததற்கு சரி-எதிரானவாறு மோதலுக்குப்பின் உள்ளது. எனவே அம்மூலத்துகளின் வேகம் ஓரளவினின்று ஒன்றுமேயில்லாத

தாகி, பின், அதே அளவாகின்றது எனலாம். அதனால் எற்படும் முடுக்கவீற்று (ஆக்ஸிலரேஷன்), வேகத்தினளவை விட இருமடங்கு அதிக அளவானது. மூலத்துகளின் நிறையை அம் முடுக்கவீற்றளவால் பெருக்கினால் பெறப்படும் பெருக்குத்தொகையினளவினதாய், அம்மூலத்துகளின் அமுக்கவலிமையுள்ளது. அத்தடுப்பை ஒரு செகண்டில் மோதுகின்ற பல்கோடானுகோடி மூலத்துகள் களினால் அவ்வாறே எற்படும் அமுக்க வலிமைகளின் கூட்டலான தொகை யளவே, வாயுவின் அமுக்கவளவாகும்.வாயுமூலத்துகள் ள் மேற்கூறப்பட்டவாறு அலையும் தன்மையினவையாதலாலும், அவற்றின் இடைவெளிகள் அதிகவளவு களானமையினும், அவை செலுத்தப்படும் குழாயினூடேயாவது, மற்ற எதனி னூடேயாவது, வாயுவொன்று சரளமாய்ப்பாய்கின்றது. அம்மூலத்துகள்களிடை எதிர்ப்போகு விலக்க வலிமை (ரிபல்ஸிவ் போர்ஸ்) அதிகமாய் இல்லை. ஆதலின் வாயுவொன்றை எளிதாய் அழுத்தி யொடுக்கமுடிகின்றது. திரவங் களிலும் திடப்பொருள்களிலும், முறையே, அவற்றின் மூலத்துகள்கள் நெருக்க மாய் அடர்ந்துள்ளமையின், அவற்றிலுள்ள அணுக்களின் மின்னேற்புகளின் விளைப்பாடான (எபக்டான) எதிர்ப்போகுவிலக்க வலிமை அதிகமாயிருக்கும். எனவே, திரவங்களையும் திடப்பொருள்களையும் அழுத்தி, சற்று ஒடுக்கவும் அபரிமிதமான வலிமை வேண்டப்படுகின்றது. வாயு மூலத்துகள்கள் ஒன்றிலிருந் தொன்று சற்று எட்டவெட்டவே இருந்தால், அவற்றின் அணுக்களினிடை யான விலக்க வலிமை (ரிபல்ஸிவ்போர்ஸ்) குறைவாகவே யிருக்கும். வாயு மூலத்துகள்கள் அதிக இடைவெளிப்பட்டவை யாதலின், ஒருவாயுவும் மற்றொன்றும் ஓரிடத்திலேயே சுலபமாய் சேர்ந்திருக்கக்கூடியவை. வாயுக்கள் ஒன்றிலொன்றாய் நன்கு விரவுகின்றன. நம்மைச்சூழ்ந்துள்ள காற்றில்ஆக்ஸிஜன் வாயுவும் நைட்ரஜன் வாயுவும் விரவியுள்ளன. அவை செம்மையாய்க் கலவையாகி, காற்று என்ற ஒரே தனி வாயுவான மாதிரியுள்ளன.

வாயுக்களை கையாளுதல் எளிதன்று. திடப்பொருள்களைக் கூடையில் குவித்துவைக்கலாம்; திரவத்தைப் பாண்டத்தில் ஊற்றிவைக்கலாம். ஆனால் வாயுவை அடக்கிவைக்க வேண்டும். ஒரு புட்டியில் வாயுவொன்று அடக்கப் பட்டுள்ளது. அதில் சிறிதளவு நமக்குத் தேவையா கின்றது. அடைப்பானை (ஸ்டாப்பரை-Stopper) கழற்றி புட்டியைத் திறந்தால், அதிலுள்ள வாயுவில் பெரும்பகுதி வெளிக் காற்றில் விரவிவிடும்; வெளிக் காற்றில் சிறு பகுதி புட்டிக்குள் விரவும். பவனத்தில் வாயுக்களை கையாளல், என்பது, தொட்டி நீரினுள், கூசாவினின்று டம்ளருக்குள் பாலை ஊற்றல் என்பதை ஒத்தது. வாயுக்களில் பல நீருடன் கலவாதவை. அவ்வாயுக்களின் இப்பண்பைப் பயன்படுத்திக்கொண்டு, அவற்றை ஓரிடத்தில் அடக்கி வைக்கலாம். நாம், முன் அத்தியாயமொன்றில் கூறியவாறு, நைட்ரஜன் வாயு உற்பத்தியாக்கப்

வாயுவடக்கல்

படுகின்றது, என வைத்துக்கொள்வோம். அவ்வாயு உண்டாக்கப்படும் இடம் காற்றடைப்பாயிருக்கும். ஆங்கு, வளைகுழா யொன்றின் ஒரு நுனி இருக்கும். அக்குழாயின் மற்றொரு நுனி சாலொன்றிலுள்ள நீரின் அடியில் புகுத்தப்

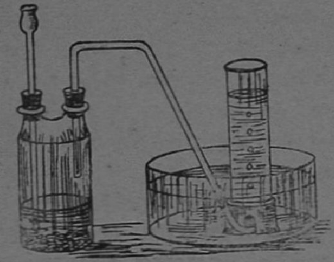


படம்—147

வாயுவை ஜாடியில் அடைத்தல்

பட்டிருக்கும். வாயு அடக்கப்படுவதற்கான கண்ணாடி ஜாடியில் வாய்மட்டம் வரைச் சரியாய் நீர் நிரப்பப்படும். அதை நீர்ச்சாலினுள் வாயிருக்குமாறு வைத்து தலைகீழாய்க் கவித்தால், அதிலுள்ள நீர் கொட்டிவிடாமல், அப்படியே யிருக்கும். அப்படிக் கவிந்தவாறே, ஜாடியின் வாய்க்குள், சால் நீரினடியில் வந்துள்ள வளைகுளாயின் நுனி நுழைத்தப்படும். ஜாடி செங்குத்தாய் பிடித்துக் கொள்ளப்படும். ஹைட்ரஜன் வாயு, அது உற்பத்தியாகும் இடத்தினின்று வளைகுழாயின் வழியேசென்று,ஜாடியின் வாய்க்குள் உள்ள நுனியை அடைந்து, ஜாடி நீரினூடே குமிழ்ந்தேறும். வாயு ஏற, ஏற, நீர், முறையே வெளிப்பட்டு சால் நீருடன் கலந்துவிடும். ஜாடியிலுள்ள நீரெல்லாம் வெளிப்பட்டு, அதில் ஹைட்ரஜன் வாயு நிரப்பியபின், ஜாடியின் வாய் குழாயின் நுனிக்குமேல் சற்று உயர்ந்துள்ளவாறு ஜாடி பிடிக்கப்படும். அதன் வாய் கண்ணாடித் தட்டொன்றால் அடைக்கப்படும். பிறகு, வாய் மூடப்பட்டவாறே ஜாடி வெளியே யெடுக்கப்பட்டு, சரியான நிலையில் நிறுத்தப்படும். அதில் ஹைட்ரஜன் வாயு அடங்கியிருக்கும். அம்மோனியாவும் இன்னும் பல வாயுக்களும் நீரில் கரைகின்றவை. எனவே, அவற்றை யடைக்க, நீருக்குப்பதிலாய் பாதரஸம் உபயோகிக்கப்படும். வாயுவடக்கும் வழி மற்றொன்றுள்ளது. கண்ணாடி ஜாடியின் வாயை ரப்பர் அடைப்பானால் (ஸ்டாப்பரால்) இறுக்கி மூடவேண்டும். அவ்வடைப்பானினூடே இரு கண்ணாடிக் குழாயகள் இருத்தப்படும். தண்ணீர்க் குழாய்களில், தேவையானபோது நீரை வரவிடுவதற்காகவும் வேண்டாதபோது நீரை அடைத்துவிடுவதற்காகவும் அமைக்கப்பட்டுள்ள திற அடைத்திருப்பிகளை (ஸ்டாப் காக்குகளை-Stopcocks)ப் போன்ற சாதனங்கள் ஒவ்வொன்றுடன்

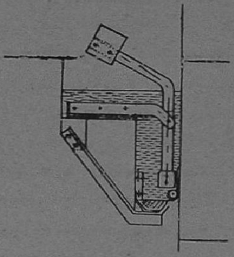
மேற்கூறப்பட்ட கண்ணடிக் குழாய்கள் ஒவ்வொன்றும் பொருத்தப்பட்டவை. ஒரு குழாய் வாயுவரும் குழாயுடன் இணைக்கப்படும். மற்றொரு குழாய் அகற்றி (எக்ஸாஸ்டிங்கு) பம்பு ஒன்றுக்குப் போகும்ரப்பர் குழாயில் இறுக்கிச் சொருகப்படும். முதலில் வாயுவரும் குழாயுடன் இணைந்துள்ளதின் திற-அடைத்திருப்பி (ஸ்டாப் காக்கு) வாயுவுள்ளே வராதவாறு திருப்பப்படும். அகற்றிப் பம்புக்குப் போகும் குழாய்க்கான 'திருப்பி' (ஸ்டாப் காக்கு) திறப்பாயிருக்கும் ஜாடியிலுள்ள காற்று அகற்றிப் பம்பால் வெளியேற்றப்படும். ஜாடியின் உள்ளிடம் வெற்றிடமாகும். 'திருப்பி' (ஸ்டாப் காக்கு) அடைக்கப்படும். வாயுவரும் குழாயினது 'திருப்பி' (ஸ்டாப்காக்கு) திறக்கப்படும். வெற்றிடமாயுள்ள ஜாடியின் உள்ளிடம் வாயு நிறைந்ததாய் ஆகும். 'திருப்பி' (ஸ்டாப்காக்கு) அடைக்கப்படும். பிறகு வாயுவரும் குழாயுடனுன இணைப்பு நீக்கப்படும்; அகற்றிப்பம்புக்குப் போகும் ரப்பர் குழாயினின்று ஜாடிக்குழாய் கழற்றப்படும். ஜாடியில் வாயு அடைக்கப்பட்டிருக்கும். வாயுவடக்குவதற்கான தொழிற்சாலைவகைகள் வேறு. அவற்றில் மூன்று அதிகமாய் வழக்கத்திலுள்ளவை. வாயு வடக்கி வைக்கப்படுவதற்கான சாதனங்கள், 'வாயுவடக்



படம்—148
வாயுவடக்த ஜாடி

கக்கோட்பிகள் (காஸ்ஹோல்டர்கள்-Gas holders) எனப்படுகின்றன. தக்கவாறு அமைக்கப்பட்ட வாயுவடக்ககோட்பிகளில் (காஸ்ஹோல்டர்களில்) நீரின் மீதானவாறு வாயுவை அடக்கிவைத்தல் என்பது தொழிச்சாலை வகைகளில் முதலாவது. வாயுவடக்கக்கோட்பிகள் (காஸ் ஹோல்டர்கள்) மெல்லிய இருப்புத் தகடுகளால் அமைக்கப்பட்டவை; குழல் வடிவானவை, அக்குழல் அகலமும் உயரமும் மிக்கது; அதன் மேற்பகுதி மூடப்பட்டிருக்கும்; இரும்பினுல் செய்யப்பட்ட பெரும் வட்டக்குதிர் ஒன்றைப்போலிருக்கும்; அதன் உள்ளிடம் கூடாயிருக்கும். வாயுவடக்கக் கோட்பிவட்டத் தொட்டியொன்றிலுள்ள நீரின் மீது கவிந்தவாறு வைக்கப்படும். நீர் மட்டத்திற்கும், வாயுவடக்கக் கோட்பியின்

(காஸ்ஹோல்டரின்) மேலடைப்பிற்கும் இடைப்பட்ட இடத்தில் வாயு அடைக்கப்பட்டிருக்கும். வாயுவடக்கக் கோட்பியின் (காஸ்ஹோல்டரின்) கனம் அதைக் கீழே இழுக்கும். வாயுவின் அமுக்கம் அதை மேலே கிளப்பும். அவ்விரு வலிமைகளும் ஒன்றினொலொன்று ரத்தாகும் நிலைமையை யொட்டியவாறு, வாயுவடக்கக் கோட்பி (காஸ்ஹோல்டர்) அமரும். அதன் உள்ளிடத்துப் பருமன் அதிகமாகவும், அதன் கனம் குறைவாகவும் உள்ளதால், அதைத் தூக்கிக்கொண்டிருப்பதற்கென, அதிக வலிமை வேண்டப்படமாட்டாது. எனவே, வாயுவின் அமுக்கம் குறைவாயிருப்பினும், அதுவே போதுமானது. அதிக அமுக்கமான வாறு வாயுவை அடக்கிவைக்க வேண்டுமாயின், வாயுவடக்கோட்பியின் (காஸ்ஹோல்டரின்) மேற்பகுதியினின்று பளுவான எடைக்கற்கள் பல கட்டித் தொங்கவிடப்படும். அதனால் அதன் கனம் அதிகமாகின்றது. அதைத் தாங்கிக் கொள்வதற்கான அதிக அமுக்கத்துடன் அடக்கப்பட்ட வாயு இருக்கும். இரண்டாம் வகையில், இருபுறமும் அடைப்பான குழல்களினுள் அதிக அமுக்கமான வாயுக்கள், முறையே இறுக்கிவைக்கப்படுகின்றன. அவ்வாறு அடைக்கப்படும் வாயுக்களின் அமுக்கம், சதுர அங்குலத்திற்கு 1800 பவுண்டுகளான வரை, இருக்கலாம். அவ்வளவான அமுக்கம், பவனவமுக்கத்தைவிட நூற்றிருபது மடங்கு அதிகமானது. இவ்வகையில், அதிக நிறையான வாயுவை, சிறு பருமனுன இடத்தில் அடக்கலாம். மூன்றும் வகையில், வாயுக்கள் திரவங்



படம் 149

வாயவடக்குக்கோட்பியில் வாயுவை யடைக்கியபின் அது வெளிப்படாதவாறு முடிவைக்கப்படற்கான சாதனம்

களாகுமாறு அழுத்தியமுக்கப்பட்டு, அத்திரவங்கள் கெட்டியான இருப்புக் குழல்களிலும், 'ஏற்றுகைத்திகள்' (ஸைபன்கள்-Siphons) எனப்படும் கண்ணுடிப் புட்டிகளிலும் அடைக்கப்படுகின்றன. அவ்விருப்புக் குழல்களிலும் ஸைபன்களிலும் அதிக வமுக்கத்தை யோர்க்கும் வலிமிக்க வால்வுகள் உள்ளன. அவற்றைச்சற்றுத் திறந்தால், உள்ளேயிருக்கும் திரவத்தில் கொஞ்சம், ஆவியாகி, வெளியேறுகின்றது.

வாயுக்களைப் பெருவாரியாகப் பயத்தல், என்பது தற்காலத்துப் பெரும் தொழிற்கலைகளிலொன்று. வாயுவிற்பனை செய்தல் என்பது ஒருபெரும் வியாபாரமாயுள்ளது. குறைந்தபக்ஷம், பதினெட்டு வகையான வாயுக்கள், கடைகளில் வாங்கக் கூடியவை. பெரும் ரஸாயனத் தொழிற்சாலைகளில் பயத்தப்படும் வாயுக்கள், ஆங்கே, பலவகையான ரஸாயனப் பொருள்களைச் செய்யப் பயன்பட்டு விடுகின்றன.

வாயு விற்பனை

உலோகங்களைப்பற்றுவைத்தல் (வெல்டிங்கு -Welding) என்ற வேலையைச்சிறப்புறச் செய்வதற்கென, ஆக்ஸி அஸிடீ லின் ப்ளோப்பைப் (Oxy. acetylene blow-pipe) என்ற ஒருவகை ஊது குழாயைஎஞ்சினீயர்கள் உபயோகிக்கின்றனர். அதற்காக அவர்கள், ஆக்ஸிஜன் வாயுவையும் அஸிடீலின் வாயுவையும் வாங்குகிறார்கள். நிமோனியா (Pneumonia) நோய் வாய்ப்பட்டவர்கள், மூச்சுவிட திணறுகின்றனர். அத் திணறலைத் தணிப்பதற்காக, வைத்தியர்கள், அவர்களை ஆக்ஸிஜன் வாயுவை மூச்சுவிடச் செய்கிறார்கள். அதனால், வைத்தியர்கள் ஆக்ஸிஜனை விலை கொடுத்து வாங்குகிறார்கள். மின்விளக்குகளிலுள்ள மெல்லிய கம்பி யொன்று சூடேற்றப்படுவதினால், வெளிச்சம் ஏற்படுகின்றது. அக்கம்பியைச் சூழ்ந்துள்ள இடத்தில் காற்றிருந்தால், காற்றிலுள்ள ஆக்ஸிஜனால் அதிக வெப்ப நிலையிலுள்ள அக்கம்பி ஆக்ஸிடைஸ் செய்யப்படுகின்றது. ஆக்ஸைடான கம்பி பொலபொலவென்று உதிர்ந்துவிடும். அவ்வாறுகமலிப்பதற்காக, அக்கம்பி கண்ணாடிக்குமிழ் ஒன்றினுள் பொருத்தப்பட்டு, குமிழ் வெற்றிடமாக்கப்படு கின்றது. அமுக்கம்மிகக் குறைவான இடத்திலுள்ள கம்பி வெந்தணல் வெப்ப நிலைக்குச் சூடேற்றப்பட்டபோது, சிறுசிறு பகுதிகளிலாய் ஆவியாய் விடும். நாளடைவில் கம்பி மெலிவாகி வந்து இறுதியில் இல்லாததாகும். எனவே, குழியின் உள்ளிடத்தில் அமுக்கத்துடனே வாயுவொன்று இருக்கவேண்டும். அவ்வாயு கம்பியுடன் ரஸாயனமாய் ஐக்கிய மாகாததாய் இருத்தல் அவசியம். அத்தன்மையான வாயு, நைட்ரஜன். அவ்வாயு மின்விளக்குக் குமிழ்களில் நிரப்ப அதிகமாய் வேண்டப்படுவது. இன்னும் பலவகைகளிலும் அவ்வாயு பயன்படு வது. ஆகவே, விற்பனை செய்யப்படும் வாயுக்களில் அதுவுமொன்று. ஹைட் ரஜன் வாயு புகைக் கூடுகளை நிரப்பவும், பல ரஸாயனத் தொழில்களுக்கும் வேண்டப்படுவது. எனவே விற்பனை வாயுக்களில் ஹைட்ரஜனும் ஒன்று யுள்ளது. குளோரின் வாயு சலவைப்பொடி (பிளீச்சிங்கு பவுடர்-Bleaching -Powder) யைச்செய்யவும் பல ரஸாயனப்பொருள்களைச் செய்யவும் உபயோகப் படுவது. சலவைப்பொடி, கிருமிநீக்கி (ஆண்டிஸெப்டிக்-Antiseptic) யாக வைத்தியர்களால் உபயோகிக்கப்படுவது; ஜலஸப்ளையில் கலக்கப்படுவது. எனவே குளோரின் வாயு ஒரு முக்கியமான வியாபாரச்சரக்கு. கார்பன்டை ஆக்ஸைட் வாயு சோடா நீர்த்தொழிற்சாலை அதிகாரிகளால் அதிகமாய் வாங்கப் படுவது. அம்மோனியாவாயு நன்கு அமுக்கப்பட்டு திரவமானவாறு குழல்களில்

அடைக்கப்பட்டு, 'குளிர்விளைவிகளை' (ரெப்ரிஜேடர்களை - **Refrigerators**) அமைக்கின்றவர்களுக்கு விற்கப்படுகின்றது. வர்த்தகத்துறையில் வந்துள்ள வாயுக்களில் ஆறைக்கூறினேம். இன்னும் பல உள்ளன.

காற்றடக்கிய பைகளின் உபயோகங்கள் எண்ணற்றவை. ஸைகிள் டயர் மோட்டார் டயர்-முதலியவற்றிலுள்ள ரப்பர் குழாய்களில் காற்றடித்து அடைக்கிறோம். தெருவின் நொடிகள் முதலானவற்றாலான அதிர்ச்சிகளை அவை தாங்கிக்கொள்கின்றன. நாம் வண்டியில் அமர்ந்து,

காற்றடிக்கிய பைகள்

சுகமாய்ப்போகிறோம். காற்றடைக்கப்பட்ட ரப்பர் பைகளாலான தலையணைகளும் திண்டுகளும் சொகுசானவை. அவை, நமது உடலின் கனம் ஒரே சீராய்ப் பரவலானவாறு கீழே படும்படி செய்கின்றன. ஒரு சிறு பலகையின் மீது உட்கார்ந்துள்ளபோது, ஒருவரது கனம் இடுப்பெலும்பிலிருந்து கீழ் வாட்டமாய் நீட்சியான ஆசனப் பாகங்களின் இருவெலும்புகளால் தாங்கப்படும். அவ்வெலும்புகளுக்கும் உட்காரும் இடத்திற்கும் இடையிலுள்ள தசைகள் கசக்கப்படுகின்றன. உட்கார்ந்தவர், நூற்றிருபது பவுண்டுகள் கனமான ஒல்லியான ஆளானல், தசைகள் கசக்கப்படும் அமுக்கம், 4-6 சதுர அங்குல பரப்பில் ஏற்பட்டதாயிருக்கும்' எனவே சதுர அங்குலத்திற்கு 20-30 பவுண்டுகள் இருக்கும். உட்கார்ந்தவர், தடித்த ஆளானல், எலும்புகளுக்கும் உட்காருமிடத்திற்கும் இடையில் தசைகளைத் தவிர தடிப்பான கொழுப்புப் படலும் இருக்கும். ஆதலின் உட்காருமிடத்திற்கும் எலும்புகளுக்குமிடையான தூரம் அதிகமாகும். தசைகள் கசக்கப்படும் அமுக்கம் பெரிய பரப்பின்மீது ஏற்படும். இப்பரப்பு ஒல்லி ஆளின் தசையமுக்கப் பரவலைவிட, 30-35 மடங்கு அதிகமாயிருக்கும். தடி ஆளின் கனம் நூற்றெண்பது பவுண்டுகள் என வைத்துக்கொள்வோம். 180 பவுண்டுகள் கனம் 120-210 ச. அ. பரப்பில் ஏற்படுகின்றது. சதுர அங்குலத்திற்கு $\frac{180}{210}=\frac{6}{7}$ முதல் $\frac{180}{120}=1\frac{1}{2}$ பவுண்டு வரையிருக்கும். இவ்வாறு உட்கார்தல், சதுர அங்குலத்திற்கு 20-30 பவுண்டானவாறு உட்கார்வதைவிட அதிக சுகமானது. $1\frac{1}{2}$ அடிச் சதுரமான காற்றடக்கப்பட்ட ரப்பர் திண்டின்மீது ஒல்லி ஆள் உட்கார்ந்தால், 120 பவுண்டு கனம், $18 \times 18 = 324$ ச. அ. பரவலாகும். சதுர அங்குலத்திற்கு $\frac{120}{324}=\frac{10}{27}$ பவுண்டுகள் வீதமாகும். தடி ஆள் உட்கார்ந்தால் $\frac{180}{324}=\frac{5}{9}$ பவுண்டுகள் வீதமாகும். காற்றடக்கப்பட்ட ரப்பர் பைகள் அமுக்கத்திற்குட்பட்டபோது, காற்றின் பருமன் குறைகின்றது. அமுக்கம் விடுபட்டவுடன், அது முன்னைநிலைமைக்கு மீள்கின்றது. எனவே, அது 'வில்'தன்மையானது, எனலாம். காற்றைப்போலவே, மற்ற எல்லா வாயுக்களும் 'வில்'தன்மையானவை. 'வில்'தன்மைக்கு 'மீள்விறலியல்' (எலாஸ்டிஸிடி) என்று பெயர். வாயுக்கள் பருமன் மீள்விறலியலினவை (வால்யூம் எலாஸ்டிஸிடியுடனுள்ளவை) பருமன் மீள்விறல் தரம், எல்லா வாயுக்களிலும்,

கிட்டதட்ட ஒரேயளவானது. ஓரளவுப் பருமனுன காற்றை, அதில் அரையளவுப் பருமனுக்குவதற்கான அதிக அமுக்கமும், அதேபருமனுன ஹைட்ரஜன் வாயுவை அரையளவுப் பருமனுக்குவதற்கான அதிக அமுக்கமும், கிட்டத்தட்ட ஒரேயளவானவை. அவ்வாறே எல்லா வாயுக்களுக்கான அதிக அமுக்கங்களும் உள்ளவை. எல்லா வாயுக்களின் மூலத்துகள்களும், முறையே ஒரேயளவான வெப்ப நிலையானபோது, நிகர்த்த சக்திகளுடனுள்ளவை. மூலத்துகள்கள் வேகமாய்அலைந்துகொண்டுள்ளன, எனக்கூறியுள்ளோம். ஒரு வஸ்துவின் வேகத்தை தணிக்கவேண்டுமாயின் வலிமை ஆற்றுவிக்கப்படவேண்டும் எனவும், அவ்வலிமை வஸ்துவின் நிறையைப் பொருத்தானவளவு முடுக்குவீற்றைப் பயத்தும் எனவும் அறிவோம். இவ்வலிமையை எதிர்த்து வேலை செய்வதினுலேயே, வஸ்துவின் வேகம் தணிகின்றது. எனவே, அவ்வஸ்து தன் வேகத்தைப் பொருத்தவாறுன வேலை செய்யும் சக்தியுடனுள்ளது. அச்சக்தி அதன் நிறையைப் பொருத்தவாறும் இருக்கும். நிறையுடனும், வேகத்துடனும் உள்ள மூலத்துகள்கள் சக்திகளுடனுள்ளவை. ஹைட்ரஜன் மூலத்துகள் ஒன்றின் நிறை ஆக்ஸிஜன் மூலத்துகளினதைவிடக்குறைந்தது. ஆயினும் ஹைட்ரஜன் மூலத்துகள் அதன் வெப்பநிலையிலுள்ள ஆக்ஸிஜன் மூலத்துகளைவிட அதிக வேகமாய்ச் செல்வது. ஆதலின் இருமூலத்துகள்களும் முறையே ஒரேயளவான சக்திகளுடனுள்ளவை. இன்னும், ஓரளவான வெப்ப நிலையில் ஓரளவு அமுக்கத்துடன், ஓரளவுப் பருமனுன இடத்தில், முறையே உள்ள எல்லா வாயுக்களின் மூலத்துகள்களின் தொகைகளும், முறையே ஒரேயளவானவை. $0^{\circ}C$ வெப்ப நிலையில், பவனவமுக்கமானவாறு, ஒரு படியிடத்தில், நாற்பத்து மூன்று கோடியே கோடானுகோடி ($43 \times 10^{21} = 43.0000000,0000000,0000000$) வாயு மூலத்துகள்கள் உள்ளன. அவ்வாயு ஹைட்ரஜனுயிருந்தாலும், ஆக்ஸிஜனுயிருந்தாலும், வேறு எதுவாயிருந்தாலும், அந்நிலைமையில், அத்தொகையினவாகவே அவையிருப்பவை. அம்மூலத்துகள்கள் அவை அடக்கப்பட்டுள்ள இடத்தின் சுவர்களை மோதுவதினுல் ஏற்படும் வலிமையே வாயுவின் அமுக்க வலிமை எனக் கூறியுள்ளோம். ஒருபடிப் பருமனுன இடத்திலுள்ள வாயுவை அரைப்படி பருமனுன இடத்திலடங்குமாறு அழுத்துவோம். அரைப்படியிடத்தில் முன்னிருந்த தொகையான மூலத்துகள்களேயுள்ளன. முன்னிருந்த நிலையில் அரைப்படியிடத்தில் இருந்ததைவிட இப்பொழுதுள்ள நிலைமையில் அதேயளவான இடத்திலுள்ள மூலத்துகள்களின் தொகை இருமடங்காயுள்ளது.

வாயுக்களின் பருமனுக்கும் அமுக்கத்திற்குமான திரும்போப்பு விதம்

எனவே ஓரளவுப் பரப்பின்மீது அவற்றுல் ஏற்படும் அமுக்கவலிமை இரட்டிப்பாகின்றது. வாயுவின் அமுக்கம் இருமடங்காகின்றது. இம்முறையையொட்டி, பருமன் மூன்றிலொரு பங்காகுல், அமுக்கம் மூன்றுமடங்காகும் என அறியலாம். பருமன் குறைவாகும் வீதத்திலேயே அமுக்கம் அதிகமாகின்றது. இவ்வாறுன

ஒப்புவீதம்,திரும்பொப்புவீதம் (இன்வர்ஸ் ப்ரபோர்ஷன்-Inverse proportion) எனப்படும். எனவே, வெப்ப நிலையும், நிறையும் மாருதுள்ளபோது, ஒரு வாயுவின் பருமனும் அமுக்கமும் ஒன்றுக்கொன்று திரும்பொப்புவீதமானவாறு (இன்வர்ஸ் ப்ரபோர்ஷனில்) மாறுகின்றன, என்ற தெரியற் செய்கை விதி ஏற்பட்டுள்ளது. ஆயினும், அவ்விதி முற்றும் திருத்தமானதொன்றன்று; மிகவும் கிட்டத்தட்ட சரித்திட்டமானது. சாதாரணமான அமுக்கமாற்ற அளவுகளை, அதைக்கொண்டு கணக்கிடுவதால் அறியலாம். இவ்வாறு விதி முறையையொட்டி அறியப்படும் அளவுகளுக்கும் நேரே அளவை செய்துகாணும் அளவுகளுக்கும் ஆன வேற்றுமை மிகச்சொற்பமே. 15 பவுண்டுகள் ச. அ (பவன அமுக்கம்) அமுக்கமுள்ள ஒருபடிப் பருமனுள்ள காற்று, காற்படிப்பருமனுனவாறு அமுத்தப்படின், மேற்கூறப்பட்ட விதியையொட்டி, அதன் அமுக்கம் ச. அங்-க்கு $15 \times 4 = 60$ பவுண்டுகளாகும், என, அறிகிறோம். அளவை செய்தால், அதில் பத்துலக்ஷத்திலொருபங்களவு பவுணடுகள் அதிகமானவளவாய், அமுக்கம் இருக்கும். சாதாரணமான அளவைக்கருவிகளைக்கொண்டு, பவன அமுக்கவளவில் ஆயிரத்திலொருபங்களவானதைவிடக் குறைந்தவற்றை அளவிட முடியாது. மிக நுட்பமான அமுக்கவளவைகளைச் செய்வதற்கென வமைக்கப்பட்ட சிறந்த கருவிகளைக்கொண்டே, மேற்கூறப்பட்டவாறுன நுண்ணளவு மாற்றத்தைத் திட்பமாய் அளவிடலாம். ஆகவே, சாதாரணமான அமுக்கவளவு வேறுபாடுகளைக் கணக்கிட, நாம் கூறியதெரியற்செய்கைவிதியே போதுமானது. ஆயினும் அமுக்கம் ஓரவதியைக் கடந்துவிட்டால், சிறிதளவு அமுக்க வீதம் அதிகமாயினும், பருமனளவு வீதம் மிகவும் குறையும். அவ்வெல்லையளவு, வெப்ப நிலையையும் பொருத்துள்ளது. சாதாரணமான வெப்பநிலையில் கார்பன்டை ஆக்ஸைட் வாயுவுக்கு அவ்வவதி, பவன அமுக்கத்தைவிட முப்பது மடங்கு அதிகவளவானது. அவ்வாறு அமுக்கம் அதிகமான போது, வாயுவின் நிலைமை எவ்வாறிருக்கும் என்பதைக் கவனிக்கலாம். அதிகமாய் அமுக்கப்படலால், வாயு மூலத்துகள்கள் நெருங்கி அடர்ந்திருப்பன.

வாயு-திரவ வரையறை வெப்பநிலை

அவை, நெருக்கமாயுள்ளமையின், ஒன்றிஞெலொன்று அதிகமாய்க் கவர்ச்சியுறுகின்றன. ஸல்பர் டைஆக்ஸைட், கார்பன் டைஆக்ஸைட் என்றவற்றின் மூலத்துகள்களும், இன்னும் அவற்றைப்போன்ற வாயுக்களின் மூலத்துகள்களும், முறையே, அந்நிலைமையை அடைந்தபோது, அவை ஒன்றையொன்று பற்றிக்கொள்கின்றன. இப்படி ஒன்றுடனென்று சார்பானவாறுள்ள மூலத்துகள்களாலான பொருள், திரவம். எனவே வாயு நிலைமையிலிருந்த பொருள் திரவ நிலைமையை எய்துகின்றது; வாயுப்பொருள் திரவப்பொருளாய் ஆகின்றது. ஆகவே, சிலவகை வாயுக்களை அதிக அமுக்கத்திற்குட்படுத்திஞல், அவை, முறையே திரவங்களாய் ஆகின்றன, என, அறிகிறோம். அம்மோனியா வாயுவும், குளோரின் வாயுவும் அவ்வாறு திரவமாகக்கூடியவை. இன்னும் பல உண்டு.

வரையறையானதொரு வெப்பநிலையைவிட அதிகமானதாயில்லாதபோது, வாயுவொன்றை அமுக்கித் திரவமாக்கலாம். வரையறை வெப்பநிலை எல்லா வாயுக்களுக்கும் பொதுவானதொன்றேயன்று. கார்பன் டைஆக்ஸைடுக்கு, அது, 31. 1°c; குளோரினுக்கு 146°c; ஸல்பர் டைஆக்ஸைடுக்கு, 155°c; அம்மோனியாவுக்கு, 130°c. சாதாரண வெப்பநிலை 25°c-30°c. அவ்வாயுக்களின் வரையறை வெப்ப நிலைகள், முறையே, சாதாரண வெப்ப நிலைக்கு அதிகப்பட்டவை, எனக் காணலாம். அவற்றை சாதாரண வெப்பநிலையில் அமுக்கித் திரவமாக்கல், இயலும். மூலத்துகள்களின் இயக்கத்தை, சூடு அதிகமாக்குவது. மூலத்துகள்களின் பரஸ்பரக் கவர்ச்சி அவற்றை நெருக்கித் திரவமாக்குவது- எனவே, சூடு, திரவமாதலை எதிர்த்துத் தடுக்கும் போக்கானது. ஆதலின் வெப்பநிலை குறையக்குறைய, திரவமாதலும், முறையே, எளிதாகும். அம்மோனியா, குளோரின் முதலானவை, முறையே, மூலத்துகள் கவர்ச்சி வலிமை அதிகமாய் வாய்த்தவை. அவை வெப்பநிலை அதிகமானபோதும் திரவமாகக் கூடியவை. அவற்றின் வரையறை வெப்பநிலைகள், முறையே, அதிகமானவை. ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன், முதலானவை, முறையே, மூலத்துகள் கவர்ச்சி வலிமை குறைவாய் வாய்த்தவை. அவற்றின் வரையறை வெப்பநிலைகள் முறையே குறைந்துள்ளவை. ஆக்ஸிஜனின் வரையறை வெப்பநிலை,—118°c; ஹைட்ரஜனினது,—240°c. மிகக் குறைந்த வரையறை வெப்பநிலையானது, ஹீலியம். அதனது,—268°c. இவ்வாறுன வாயுக்களை சாதாரண வெப்பநிலையில் திரவங்களாய் ஆக்கமுடியாது. அவற்றை, முறையே, திரவமாக்க வேண்டுமாயின், முதலில், அதனதன் வரையறை வெப்பநிலைக்கு, அதையதை, முறையே, குளிரச் செய்வதற்கான வழிகள் அறியப்பட வேண்டும். அவ்வழிகள் கண்டு பிடிக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றைப்பற்றிக் கூறும் முன், சாதாரண வெப்ப நிலையில், ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன்—வகையான வாயுக்களை மேலும் மேலும் அமுக்கிக்கொண்டே போனுல் என்ன நேரிடும் என்பதைக் கவனிக்கலாம், தொடக்கத்தில், வாயுவின் பருமன், நாம் மேற்கூறிய விதியின் பிரகாரம், முறையே, குறைந்துகொண்டு வரும். அமுக்கம் மிகவதிகமானபோது, மூலத்துகள்கள் நெருக்கமாய் அடர்ந்துள்ளமையின், அவற்றிடையான கவர்ச்சி அதிகமாயிருக்கும். ஆதலின், அமுக்கம் இருமடங்கு அதிகமானுல், பருமன் அரைப் பங்குக்கும் குறைவானதாகும். ஓரவதிவரை பருமன் சிறிதாகிவரும். மூலத்துகள்கள் இயன்றவரை நெருக்கமாய் அடர்ந்திருப்பன ஆயினும் அவற்றின் பரஸ்பரக் கவர்ச்சிவலிமை, அவை ஒன்றையொன்று பற்றிக்கொண்டு திரவமாயாவதற்கானதைவிடக் குறைவாகவே யிருக்கும். ஆதலின் திரவம் அமையாது. மூலத்துகள்கள் மிகவும் நெருக்கமாயுள்ளமையின், அவற்றிலுள்ள அணுக்களின் வெளிப்புற எலக்ட்ரான்கள் மிகவும் அணுகியவாறுள்ளன. அவ்வெலக்ட்ரான்களிடையான எதிர்ப்போகு விலக்கு (ரிபல்ஷிவ்) வலிமை அதிகமாயுள்ளது. அவ்வலிமை அபாரமானது. என அறிவோம். வாயுவை எவ்வளவு வலிமை

யுடன் அழுக்கினுலும், எலக்ட்ரான்களில் எதிர்போகு விலக்கு (ரிபல்ஸிவ்) வலிமை, அதை சமாளித்துக்கொள்ளும். வாயுவின் பருமன் மிகச் சிறியதாயிருக்கும். ஆயினும் அது வாயு வாகவேயிருக்கும். திரவமாக வியலாததாயும், முறையான வாயுவைப்போல், அழுக்கமுற்றுக்குன்றுமல், அதை எதிர்த்துக் கொண்டும், அவ்வகைப்பொருள் திரிசங்குவின் நிலைமையிலுள்ளது. சாதாரண வெப்பநிலையில் அவ்வாயுவை அபாரமாய் அழுக்குவதற்கு நாம் எடுத்துக்கொண்ட முயற்சி சலியாச்சமரிலேயே முடிந்தது. சாதாரண வெப்பநிலையில், நமது அழுத்தத்திற்கு இணங்கித் திரவமாகாத வாயுக்களை திரவமாக்கும் வழிகளை இனிக் கூறலாம். காற்றின் வரையறை வெப்பநிலை, -140°c. ஆதலின் அதை அவ்வெப்பநிலைவரைக் குளிரச் செய்தால், பிறகு அதை அழுக்கித் திரவமாய் ஆக்கலாம். மூலத்துகள்களின் வேகத்தினுலான சக்தியே, ஒருபொருளின் சூடாயுள்ளது, எனக்கூறியுள்ளோம். எனவே, ஒரு வாயுவைக் குளிரச்செய்ய வேண்டுமாயின். அதன் மூலத்துகள்களின் வேகம் குறையுமாறு செய்யவேண்டும். அம்மூலத்துகள்களை பணியாற்றுமாறு செய்தால், வேலை செய்வதில் அதன்சக்தி செலவாகும். அதனுல், அவற்றின் வேகம் குன்றும். இதையொட்டி காற்று குளிர்விக்கப்படுகின்றது. சாதாரணமான வெப்ப நிலையில் அழுக்கப்படுகின்றது. அழுக்கப்பட்ட காற்று, ஒரு குழலிலுள்ள பீச்சானைத்தள்ளும்படிவிடப்படுகின்றது. பீச்சானைத்தள்ளும் வேலையை அது செய்வதால், அதன் வேக சக்தி குன்றும்; மூலத்துகள்களின் வேகம் குறையும்; காற்று சற்று குளிர்ந்ததாயாகும். மேலும் மேலும் அதை வேலைபண்ணுமாறு செய்தால், அதன் வெப்பநிலை முறையே, குறைந்து வரும். இம்முறையை யொட்டி அதன் வெப்ப நிலை, -50°c ஆகும்வரை, அதை குளிர்விக்கலாம். இவ்வெப்ப நிலையான காற்றை, பீச்சானைத்தள்ளச் செலுத்தப்படும் வேறுகாற்றைச் சூழ்ந்தமையுமாறு செய்தால், அக்காற்று வேலைசெய்து இன்னும் குளிர்ந்ததாகும், வேறுகாற்றை அக்குளிர்ந்தகாற்ருல் சூழப்படுமாறு செய்து, அதை வேலைபண்ணுமாறு செய்தால், அது இன்னும் குளிர்மிக்கதாகும். இவ்வாறே தொடர்ந்து நிகழ்தலை யொட்டி, வரவர வெப்பநிலைக் குறைந்தவாருன காற்று ஏற்படுகின்றது. இறுதியில். மிகவும் குளிர்ந்தபின் அழுக்கப்பட்டு, அது திரவமாய் ஆகின்றது. திரவக்காற்று, -185°C வெப்பநிலையில் பொங்கும். பொங்கும் அத்திரவம் மற்ற வஸ்துகளைக்குளிர்விக்க ஏற்றது. திரவக்காற்றைக் கொண்டு பாதரஸத்தைக்குளிராக்கி உறையச் செய்யலாம். பழங்கள். காய்கள், தழைகள், இலைகள், மலர்கள் முதலானவற்றைத் திரவக் காற்றில் தோய்த்தெடுத்தால், அவை கண்ணுடியைப்போல் கொய்தாய் (பிரிட்டிலாய்) ஆகின்றன. அவற்றை, கடலையை உடைப்பதைப்போல, சுத்தியால் அடித்து நொறுக்கலாம். ரப்பரை திரவக்காற்றில் தோய்த்தெடுத்தால் அது, அரக்கு போல் கொய்தாய் ஆகின்றது. குளிர்மிக்கதான அத்திரவக் காற்றை, தமது

வாயுக்களைத் திரவமாக்கல்

உள்ளங்கையில் ஊற்றினல், அதன் குளிரை நாம் உணரமாட்டோம். கையின் சூட்டால் திரவக்காற்றில் கொஞ்சம் ஆவியாகி (அதாவது சாதாரணக்காற்ருகி) கைப்பரப்பிற்கும் திரவக்காற்றுக்கும் இடையில் ஒரு மெத்தைபோல் அமைகின்றது. அது வெப்பத்தைக் கடத்தாது. குளிரையும் கடத்தாது. எனவே, கை குளிரை உணர்வதில்லை. காற்று, நைட்ரஜனும் ஆக்ஸிஜனும் கலவையான வாயு. நைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜனைவிட அதிக விரைவில் ஆவியாவது. ஆதலின் திரவக் காற்றைச்சுற்றுநேரம் விட்டு வைத்தால், அது பெரும்பகுதியில் திரவ ஆக்ஸிஜனு யிருக்கும்.பொருள்கள் சாதாரணமாய் காற்றில் எரியும்பொது, அவை முறையே, காற்றிலுள்ள ஆக்ஸிஜனுடன் ஐக்கியமாதலால், ஆக்ஸிடேஷன் நடைபெறுகின் றது.என, அறிவோம். ஆதலின் அத்திரவ ஆக்ஸிஜனில் எரிந்து கொண்டுள்ள குச்சி யொன்றைப்போட்டால், அது அணைந்துபோய்விடாது. இன்னும் நன்ருய் கொழுந்து விட்டெரியும். -185°c வெப்பநிலை, நீர் உறைந்து பனிக் கட்டியாகும் வெப்பநிலையைவிட 185°c குறைந்தது. அவ்வளவு குளிரான திரவ ஆக்ஸிஜனில் குச்சி சுடர்விட்டெரியும்.

திரவக்காற்று

திரவக்காற்று முதலான திரவமாக்கப்பட்ட வாயுக்கள் மிகவும் குளிர்ந்துள் ளவையாதலின், அவற்றைச் சாதாரண பாத்திரங்களில் ஊற்றினல், அவை, உடனே வாயுக்களாய் விடுவன. காப்பி, டீ, முதலானவை சூடாருமலிருக்கும் பொருட்டு ஊற்றி வைக்கப்படும் பிளாஸ்க்குகளை (**Flasks**)ப் போன்ற குப்பிகளில், திரவ வாயுக்கள் அடைத்து வைக்கப்படுகின்றன. பிளாஸ்க்குகள் இடைவெளிப்பட்ட இரு கண்ணுடிப் படலங்களைக் கொண்டவை. இடைவெளி வெற்றிடமாக்கப்பட்டிருக்கும். படலங்களின் உட் பரப்புக்கள் உருக்காட்டும் கண்ணுடிகளைப் போல, முலாம் பூசப்பட்டவை. வெற்றிடத்தினூடே கடத்தப்படும் சூடு மிகக்குறைவு. முலாம் பூசப்பட்ட கண்ணுடி சூட்டைப் பிரதிபலிப்பது. அதனல் பிளாஸ்க்கினுள் ஊற்றப்பட்ட பானத்தின் வெப்பநிலை மாருதிருக்கும். ஊற்றப்படும்போது அது சூடாயிருந்தால் பிறகும் சூடாகவேயிருக்கும். தொடக்கத்தில் குளிர்ந்த திரவம் ஊற்றப்பட்டால் அது குளிர்ந்தவாறேயிருக்கும். வாயுக்களைத்திரவமாக்கல் என்பது, இக்காலத்து பெரும் தொழிற்சாலைகளில் முக்கியமானதொன்று. வாயுவான பொருளொன்று திரவமாய் ஆகும்போது அதன் பருமன் நூற்றுக்கணக்கான பங்கு குறையும். ஆதலின், விற்பனைக்காக வாயுக்களை ஓரிடத்திலிருந்து மற்ருேரிடத்திற்கு அனுப்பும்போது, அவற்றைத் திரவமாக்கி, அதிகமாய் இடத்தை அடைத்துக் கொள்ளாதவாறு அனுப்புதலே, வசதியானது. குளோரின் வாயு, சலவை வேலை, சாயச்சரக்குகள் செய்தல், மருந்துகள் செய்தல்—முதலான பல தொழில்களில் பயன்படுவது. ஒரு டன் குளோரின் வாயு, 422 கனகஜம்

திரவவாயுக்கள் அடக்கி வைக்கப்படல்

பருமனனது. அப்பருமனனதை எற்றியனுப்ப, பத்து சாமான் வண்டிகள் (வாகன்கள்—**Wagons**) தேவையாகும். அதைத் திரவமாக்கி பெருங்குழல்களில் அடைத்து அனுப்புதலே, நன்று. ஒரு டன் குளோரின் திரவம் ஒரு கனகஜம் பருமனனது. சது. அங். க்கு 105 பவுண்டுகளான அமுக்கம், குளோரினைத் திரவமாக்கப்போதுமானது. அவ்வமுக்கத்திற்குட்பட்டவாறு, பெரும் எஃகுக் குழல்களில் அடைக்கப்பட்டு, குளோரின் திரவம் விற்பனைக்கு அனுப்பப்படும். ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன் முதலானவை, மிகக் குளிர்ந்தவாறுள்ளபோதே திரவமாயிருப்பவை. சாதாரண வெப்பநிலையான இடத்தில் அவற்றைத் திரவமான நிலைமையில் வைத்துக்கொள்ள வேண்டுமாயின், செம்மையாய் அமைக்கப்பட்ட பிளாஸ்க்குகள் வேண்டும். அவ்வாறான பிளாஸ்குகளைச் செய்ய அதிக பணம் செலவாகும். அவற்றை ஜாக்கிரதையாய் பேழைகளினுள் வைத்து அனுப்ப வேண்டும். எனவே, அவ்வாயுக்களை திரவங்களாயாக்கி அனுப்புவதில் வசதியில்லை. அவ்வகை வாயு, வாயு நிலைமையினவாகவே, மிகுந்த அமுக்கத்திற்குட்பட்டவாறு பெரும் எஃகுக் குழல்களில்

படம் 150

வாயுவடக்குதல்

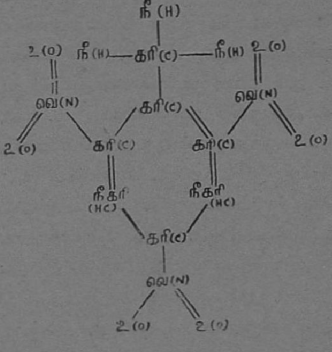
அடைக்கப்பட்டு, அனுப்பப்படுகின்றன. சதுர அங்குலத்திற்கு 1800 பவுண்டுகள் வரை, அவை அமுக்கப்படுகின்றன. ஒரு டன் ஹைட்ரஜன் வாயுவை, பவன அமுக்கமானவாறு, அனுப்ப, 14,880 கன கஜம் இடம்வேண்டும். அதற்கான வண்டித்தொடர், ஒன்றரை மைல் நீளமிருக்கும். மேற்கூறப்பட்டவாறு, அமுக்கப்பட்டு அனுப்பப்பட்டால், வண்டித்தொடர் 22 கஜ நீளந்தானிருக்கும். $\frac{\text{1800 பவுண்டு}}{\text{சது. அங்.}}$ களுக்கு அதிகமான அமுக்கத்தைத் தாங்கிக்கொள்ளக்கூடிய எஃகுக் குழல்களை அமைத்தல் கஷ்டம்.

வாயுவொன்றை வேலை பண்ணச்செய்வதால், அது குளிர்கின்றது, எனக் கூறினோம். அதன் மீது பணியாற்றுவிக்கப்படுவதால், அது சூடாகின்றது. வாயுவொன்று பணியாற்றுவதற்கென, அதை ஒரு பீச்சானைத் தள்ளும்படி செய்வோம். அப்பீச்சானை நாம் அமுக்கினால், வாயுவின் மீது வலிமை ஆற்றுவிக்கப்பட்டு, வேலை செய்யப்படும். அதனால் வாயுவினது மூலத்துகளின் சக்தி அதிகமாகின்றது. அவை முன்னனதைவிட அதிக வேகத்தினவாய் ஆகின்றன. வாயுவின் வெப்பநிலை அதிகமாகின்றது. ஆகவே, ஒரு வாயுவை அமுக்கினால், அது சூடாகின்றது. சாதாரணமாய் அச்சூடு வெளிக்காற்றில் பரவிவிடுவதால்

வேடிதுண்டுகள்

அமுக்கப்பட்ட வாயு சூடேறியதாக நமக்குத் தோன்றுவதில்லை. அப்படிப் பரவுவதற்கு நேரங்கொடாது, வாயுவைச் சடீரென அமுக்கினால், அது சூடாகின்றது என்பதை அறியலாம். ஸைகிள் பம்பால் ட்யூபினுள் விரைவாய்க் காற்றடித்தால், அது சூடாவதை நாம் கவனித்திருக்கிறோம். அச்சூடு, பீச்சான் குழலில் உரசுவதால் பயத்தப்பட்டதல்ல. பீச்சான் உரசலால் உண்டாகும் சூடு மிகக் குறைந்த அளவானது. அதை உணரமுடியாது. ட்யூபில் காற்றடிப்பதை நிறுத்திவிட்டு, பம்பைக் கழற்றி எடுத்துக்கொண்டு, அதன் பீச்சானை மேலும் கீழுமாய் எவ்வளவு வேகமாய் அசைத்தாலும், பம்பு சூடானதாய் உணரமாட்டோம். அது சூடாவதற்கான காரணம், ட்யூபிலுள்ள காற்று சூடாக்கப்பட்டு, அச்சூடு பம்புக்கும் பரவுதல், என்பதேயாம். அமுக்கப்பட்ட வாயு விரிவதால், வேலை செய்யப்படும். இம்முறையையொட்டி அமைக்கப்பட்ட கருவிகளிலொன்று 'காற்றுத் துப்பாக்கி' (Air-Gun) என்பது. அதன் குழலில் காற்று அமுக்கியடைக்கப்படும். அமுக்கம் சடீரென எடுபடும். காற்று வேகமாய் விரியும். அவ்வாறு விரியும்போது, அக்குழலில் பொருத்தப்பட்டிருந்த சிறு ஈயக்குண்டு அதிவேகமாய் உந்தப்பட்டு எறியப்படுகின்றது. வெடித்துப்பாக்கிகளிலிருந்து (ஷாட்கன்கள்-Shot-Guns) ரவைகள் வீசியெறியப்படலும், அமுக்கப்பட்ட வாயு சடீரென விரிதல், என்ற முறையை யொட்டியே. அத்துப்பாக்கிகளில் சொருகிவைக்கப்படும் 'தோட்டா' (கார்ட்ரிட்ஜ்-Cartridge) மிக மெல்லிய உலோகத் தகடால் செய்யப்பட்ட சிறு உறை, எனலாம். அதன் ஒரு நுனியில் குத்துப்பட்டவுடன் வெடிக்கும்படியான மருந்து வைக்கப்பட்டிருக்கும்; மற்ற பகுதிகளில் சற்று நின்றுத் தீயும் வெடிமருந்தும், ரவைகளாயினும்—குண்டாயினும் கெட்டிக்கப்பட்டிருக்கும். அவ்வகை வெடிமருந்துகளில், பருத்தித்திரி வெடிப்பு (கார்டைட்-Cordite) என்பது, ஒன்று. கந்தகத்திராவகமும் (ஸல்ப்யூரிக் ஆஸிடும்) அக்னித்திராவகமும் (நைட்ரிக் ஆஸிடும்) கலந்த கரையத்தில் நூற்பஞ்சைத் தோய்த்தெடுப்பதாலான பொருள் 'எறிமுடுக்குப் பருத்தி' (கன் காட்டன்-Gun Cotton) எனப்படும். கார்டைட், கன் காட்டனால் பெரும் பகுதியில் ஆனது. கன் காட்டன், பந்தனத் தொகுதிகள் பல சரசமாய்த் தொடுக்கப்பட்ட மூலத்துகள்களாலானது. அத்தொகுதிகள் ஒவ்வொன்றிலும், முறையே, ஆறு கார்பன் அணுக்களும் ஏழு ஹைட்ரஜன் அணுக்களும், மூன்று நைட்ரஜன் அணுக்களும், ஒன்பது ஆக்ஸிஜன் அணுக்களும் இருப்பன. அதன் மீது தீப்பொறியாயினும், பலமான அடியாயினும், விழுந்தால், அதன் தொகுதிகள் சிதிலயாகி (டீகம்போஸாகி) பத்து வகையான வாயுக்களின் மூலத்துகள்களாய் மாறுகின்றன. அவ்வாறு உண்டாகும் வாயுக்களில், கார்பன் மானக்ஸைட், நீராவி, நைட்ரஜன், என்பவை, சில. ஒரு குன்றிமணியெடை கார்டைட் இரு நீர்த்துளிகளின் பருமன் இருக்கும். அது வெடிப்பதால் உண்டாகும் வாயுக்கள், சாதாரண வெப்பநிலையில், அடைத்துக்கொள்ளும் இடம் அரை ஆழாக்கு (ஈராயிரம் நீர்த்துளிகள்)ப்பருமனிருக்கும். அவ்வாயுக்களுக்குத் தேவையான இடம், கார்டைடின் பருமனைவிட ஆயிரம் மடங்கு பெரிதானது. இன்னும் கார்டைட் வெடிப்பதால் விளையும் சூடு, 2000°C வெப்பநிலையானது. சூடேறுவதால் வாயுவின் பருமன் அதிகமாகும். அதையொட்டி, அவ்வாயுக்களின் பருமன்

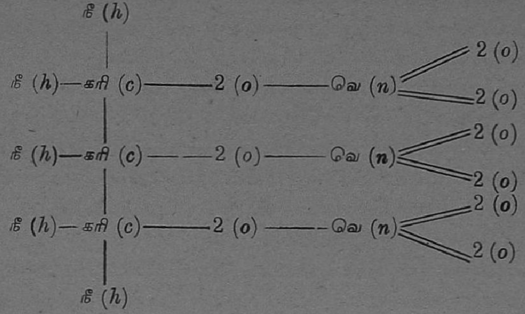
எண்மடங்கு அதிகமாகின்றது. ஆகவே, கார்டைட் வெடிப்பதால் பயக்கப்படும் வாயுக்களால் வேண்டப்படும் இடம், கார்டைட் உள்ளதைவிட எண்ணாயிரம் மடங்கு பெரிதானது; அவ்வாயுக்கள் கார்டைட் உள்ள இடத்திலேயே உண்டாகின்றவை. ஆதலின், அவை பவன அமுக்கத்தைவிட எண்ணாயிரம் மடங்கு அதிகமான அமுக்கத்துடன் உள்ளவை. அவ்வமுக்கமான வாயுக்கள் பவன அமுக்கமாயானவாறு, விரிகின்றன. அப்படி விரியும்போது, தோட்டாவிலுள்ள குண்டு கடும்வேகத்துடன் நெட்டித் தள்ளப்பட்டு வீசப்படுகின்றது; துப்பாக்கி முனையிலிருந்து குண்டு பறக்கின்றது. அக்குண்டைப் பின்பற்றி காற்றமுக்க அலை ஏற்படுகின்றது. அவ்வலை நமது செவிப்பறையை (ட்ரம்மை) மோதுகின்றது. படாரென வேட்டுச் சத்தத்தைக் கேட்டுத் துள்ளிவிழுகிறோம். வெடி மருந்துகளுக்கான ரஸாயனப் பொருள்களில், பொதுவாக, ஒரு நைட்ரஜன் அணுவும் இரண்டு ஆக்ஸிஜன் அணுக்களுமுள்ள பந்தனத் தொகுதிகள் முக்கியமாய் இருப்பவை. அத்தொகுதியிலுள்ள ஆக்ஸிஜன் அணுக்கள் நைட்ரஜன் அணுவுடன் தளர்ந்தவாறு பந்தனமானவை, சற்று சூடேற்றப்பட்டாலும், அன்றி, உலுக்கப்பட்டாலும் அவை பந்தனத்தினின்று கழன்றுவிடுபவை. தனிப்பட்ட அவ்வாக்ஸிஜன் அணுக்கள், அம்மூலத்துகளிலேயேயுள்ள கார்பன் அணுக்களுடனும் ஹைட்ரஜன் அணுக்களுடன் உடனே ஐக்கியமாகி முறையே, கார்பன்மானாக்ஸைடாயும் நீராவியாகவும் மாறிவிடுகின்றன. ஆக்ஸிஜன்-ஹைட்ரஜன் அணுக்களும் ஆக்ஸிஜன்-கார்பன் அணுக்களும், முறையே, ஐக்கியமாக ஆயத்தமாய்க் காத்திருப்பவை. அவற்றிடை, இயைபிவர்ச்சி (அபினிடி—**Affinity**) அதிகம். டி. என். டி. (**T. N. T.**) என்ற ட்ரைநைட்ரோ டவ்லினானது, (**Tri-nitro-toulene**) பெயர்பெற்ற வெடிமருந்து. அதன் குறியீட்டிணைவு (பார்முலா—**Formula**) கீழே காட்டியுள்ளவாறானது.



அதன் மூலத்துகள் அதுக்கப்பட்டால், ஆக்ஸிஜன் அணுக்கள் மளக்கெனத் திமிறித் தாவிக் கார்பன் அணுக்களுடன் பிணைந்துகொண்டு கார்பான் மானா

ஸைடாய் ஆகின்றன; ஏகாங்கிகளான (மற்ற அடிப்படை அணுக்களுடன் அபினிடி அதிகமாயில்லாத) நைட்ரஜன் அணுக்கள் எல்லாங்கூடி ஐக்கியமாய் விடுகின்றன. எஞ்சிய அணுக்கள் மீதேன் (**Methane**) மூலத்துகள்களாய் ஆகின்றன. ஒரு வீசை நிறையான டி. என். டி. அதே நிறையான வெந்தணல் வெப்பநிலையிலுள்ள வாயுக்களாய் திடீரெனமாறிவிடுகின்றது. ஒருவீசை டி.என். டி.யின் பருமன் ஒரு படி இருக்கும். அதன் வாயுக்களின் பருமன் ஒரு க்ஷணம் அவ்வளவாகவேயுள்ளது. அவ்வாயுக்கள் சாதாரண வெப்ப நிலையில் பவன வமுக்கத்துடனிருந்தால், 3600 படிகள் பருமனுயிருப்பன. வெந்தணல் வெப்ப நிலையில், அவை, 28,800 படிகள் பருமனுனவை. எனவே ஒரு படி இடத்திலுள்ளபோது அவற்றின் அமுக்கம், பவனவமுக்கத்தைவிட 28,800 மடங்கு அதிகமாயிருக்கும். இது சதுர அங்குலத்திற்கு $\frac{28,801 \times 05}{2240} = 193$ டன்கள் கனமாம். டி. என். டி. வெடி மருந்து கெட்டிக்கப்பட்ட கவிகை வெடிகுண்டுகளும் (ஷெல்களும்-**Shells**), இடி வெடிகுண்டுகளும் (பாம்ப்களும் -**Bombs**) அவை விழுமாறுன இடங்களிலுள்ள வற்றையெல்லாம் தகர்த்து, சுற்றுப்புறமுள்ள யாவற்றையும் நிர் மூலமாக்குகின்றவை எனப்பெயரெடுக்கக் கேட்கவும் வேண்டுமா? சிறந்த வெடிமருந்துகளெல்லாம் நைட்ரஜனைக் கொண்டவை. வெடிமருந்துகளில் சிறப்பாய் வேண்டப்படும் பண்புகள், ஆற்றலும், அவற்றைக்கையாள்கின்றவர்களை அபாயத்திற்குள்ளாகாதிருத்தலும், என்பவையே. பாறைகளைத் தகர்ப்பதற்காக, வெடிமருந்து பயனுக்கப்படுவது. அவ்வகை வேலையைச் செய்வதற்கென, பாறைகளை துண்டு துண்டுகளாய் உடைக்கும் வெடி மருந்தைவிட, பாறைகளைப் பிளவுறச் செய்யும் வெடிமருந்தை உபயோகித்தல், மேல். பாறைகளை பிளப்பதற்கான வெடிமருந்து நின்று தீயும் வகையினதாயிருக்கவேண்டும்; படாரென வெடித்துவிடும் தன்மை அதிகமா யிருக்கக்கூடாது. அவ்வாறு, அது, நின்று தீயும் வகை யினதாயிருந்தால், அடிபட்டு மோதுண்டாலும் படீரென வெடித்துவிடாது. அவ்வகை வெடி மருந்துகளைக் கையாள்வதில் அதிக அபாயமில்லை. டி. என். டி. இவ்வகையில் 'அபாயமில்லாத' வெடி மருந்து; நன்கு உலுக்கப்பட்டால்தான், அது வெடிக்கும்; அன்றி, அதிகமாய்ச் சூடேற்றப்பட வேண்டும். டி. என். டி. ஷெல்லை அல்லது பாமை வெடிக்கச்செய்வதற்கென, ஷெல் அல்லது பாமினுள் 'வெடிகிளப்பி' (டிடோனேடர்-**Detonator**) என்ற சாதனம் வைக்கப்பட்டிருக்கும். டிடோனேடரிலுள்ள வெடிமருந்து, சற்று மோதுண்டாலும், அன்றி, சற்று சூடேறினுலும், வெடிக்கும் தன்மையானது. அது வெடிப்பதால் மூட்டப்படும் சூட்டினுலும், உலுக்கலினுலும், டி. என். டி. வெடிமருந்தின் வெடி கிளப்பப்படும். டீடோனேடரில்லாத டி. என். டி. ஷெல் அல்லது பாம்ப் கீழே விழுந்தாலும், மோதுண்டாலும், சற்று சூடானுலும், கூட, வெடிக்காது. அதைக் கையாள்வதில் அதில் அபாயமில்லை. மாடிமேலிருந்து தெருவில் விட்டெறிந்

தால் கூட, அது வெடிக்காது. வீதியில் கிடக்கும் டீடோனேடரில்லாத டி. என். டி ஷெல்களின் மீது, கனமான லாரிகள் ஏறினுல்கூட அவை வெடிப்பதில்லை. அவற்றை வெடிச்கச் செய்யவும் டீடோனேடர் வெடிமருந்துகள், பாதரஸ பல்மினேட் (**Mercury fulminate**), ஈயஆஜைட் (**Lead azide**) என்றவை. அபாயமில்லாது கையாளக்கூடிய வெடிமருந்துகளில் சிறந்தது, அம்மோனல் (**Ammonal**) என்றது. அது, அம்மோனியம் நைட்ரேட்டும் அல்யூமினியம் தூளும் சேர்வானது. அபாயகரமான வெடிமருந்துகளில் முக்கியமானது, நைட்ரோகிளிஸரின் (Nitro-glycerine). அது எண்ணெய்ப்பான்மையான திரவம். அதன் பார்முலா, பின்வருமாறும்.



அதில், ஹைட்ரஜன் அணுக்களுடனும் கார்பன் அணுக்களுடனும், க்ஷணத்தில் ஐக்கியமாகத் தயாராயுள்ள ஆக்ஸிஜன் அணுக்கள் ஐந்து, உள்ளன, எனக் காணலாம். நைட்ரோகிளிஸிரினைக் கொஞ்சம் தொட்டாலும், சற்று ஆட்டினுலும், அது உடனே வெடித்துவிடும். ஒருவகையான உமிமணலாவது, மர—களியாவது (வுட் பல்பு-**Wood-Pulp**) நைட்ரோ கிளிஸரனில் தோய்த்தெடுக்கப்பட்டால், அது, திறலிரட்டி (டைனமைட்-**Dynamite**) என்ற வெடிமருந்தாகும். அதைக் கையாள்வது, நெட்ரோ கிளிஸிரினைக் கையாள்வதைப் போல் அவ்வளவு அபாயகரமானதன்று.

தக்கவடிவினவாய்க் கட்டப்படாத கப்பல்கள் நீரினூடே செல்லும்போது, நீர்ச்சுழிகள் அதிகமாய் ஏற்படும், எனக் கூறினேம். அவ்வாறே பவனக் காற்றினூடே திடப்பொருளொன்று செல்லும்போது, காற்றுச்சுழிகள் பயத்தப்படுகின்றன. ஆனுல் காற்றின் செறிவு குறைவானதால், அதில் ஏற்படும் சுழிகள், அதிவேகமாய்ச் சுழன்ருலன்றி, அவற்றையொட்டிய சக்திச் செலவு அதிகவளவாயிருக்காது. திடவஸ்து அதிவேகமாய் காற்றினூடே செல்லும்போது, காற்றுச் சுழிகளின்

காற்றினூடே
கோடுவையவை
ஓட்டக்கால் சலனம்

சுழற்சிவேகமும் அதிகமாகும். ஆதலின் காற்றினூடே வேகமாய்ச் செல்லும் வாகனங்கள், 'கோடுவெயவை ஓட்டக்கால்' (ஸ்ட்ரீம்லைன்) முறையையொட்டிய வடிவினவாயிருத்தல் அவசியமாகின்றது. சாதாரண வேகத்துடன் செல்லும் வண்டிகளை 'ஸ்ட்ரீம்லைன்' முறையையொட்டி அமைத்தல் அவசியமன்று. ஆகாயவிமானங்களும் ஆகாயக்கப்பல்களும் 'ஸ்ட்ரீம்லைனை' அனுசரித்த வடிவினவாய்க் கட்டப்படவேண்டியவை. மணிக்கு நூறுமைல் வேகத்திற்குக் குறைந்த வேகத்துடன் செல்லும் ஊர்திகளை ஸ்ட்ரீம்லைன் வடிவினவாய் அமைக்கவேண்டியதில்லை. திடவஸ்துவொன்று, ஒரு திரவத்தினூடேயாவது, வாயுவினூடேயாவது செல்லும்போது ஏற்படுகின்ற சுழிகளாலான எதிர்வலிமை, அவ்வஸ்து செல்லும் வேகத்தின் இருமடக்கை (ஸ்கொயர்-**Square**) வீதமானது. ஒரு மோட்டார் கார் மணிக்கு நூறுமைலான வேகத்துடன் செல்கின்றது எனவும், அப்படிப் போகும்போது, காற்றின் எதிர்வலிமை, நாற்பது பவுண்டு கனத்தின் வலிமை எனவும் கொள்வோம். காரின் வேகம், மணிக்கு இருநூறு மைல்களாயானால், காற்றின் எதிர்வலிமை, $(\frac{200}{100})^2 \times 40 = 2^2 \times 40 = 160$ பவுண்டுகள் கனத்தினதாகும். அது, $2^2 = 4$ மடங்கு அதிகமாகியுள்ளது. காரின் வேகம், மணிக்கு ஐம்பது மைல்கள் எனக் குறைத்தால், எதிர் வலிமை, $(\frac{50}{100})^2 \times 40 = \frac{40}{4} = 10$ பவுண்டுகள் கனமாகும். வேகம் இன்னும் குறைந்து, மணிக்குப்பத்துமைல்களானால், எதிர்வலிமை $(\frac{10}{100})^2 \times 40 = \frac{40}{100} = \frac{2}{5}$பவுண்டுகள் கனத்தினதாய்க்குறையும். ஆகவே, ஓட்டப்பந்தயக்கார்கள்(ரேஸர்கள்-**Racers**) ஸ்ட்ரீம்லைனுக்கான வடிவினவாய் அமைக்கப்படல், அவசியம். அவ்வடிவினதாய் அமைக்கப்படுவதால், அந்த கார் நூறுமைல் வேகத்துடன் செல்லும்போது எதிர்வலிமை 25 பவுண்டுகளுளானவாறு, குறைகின்றது எனக் கொள்வோம். கார், இருநூறுமைல்கள் வேகத்துடன் செல்லும்போது, எதிர்வலிமை, நூறு பவுண்டுகளேயிருக்கும். அதாவது முன்பிருந்ததைவிட, அறுபது பவுண்டுகள் குறைந்தது. கார், பத்துமைல்கள் வேகத்துடன் போகும்போது, எதிர் வலிமை, கால் பவுண்டாகும். அதாவது முன்பிருந்ததைவிட, $\frac{3}{20}$ பவுண்டுகள் குறையும். எதிர் வலிமையை, அறுபது பவுண்டுகளவு குறைப்பதற்காக, ஸ்ட்ரீம்லைனிங்கு செய்தல், யுக்தமே. ஆனால், அதை 3/20 பவுண்டுகள் குறைப்பதற்காக ஸ்டரீம் லைனிங்கு செய்தல், **வீண்** செலவு. ஆகவே, குறைந்த வேகத்துடன் செல்லும் வண்டிகள், ஸ்டரீம்லைனுக்கான வடிவினவாயிருந்தால், அவ்வாறில்லாத போதானதைவிட எதிர்வலிமை குறையுமென்பது உண்மையேயாயினும், அவ் வலிமையின் மொத்த அளவே குறைந்திருக்குமாதலின், அதை இன்னும் குறைக்கவேண்டுமென ஸ்ட்ரீம்லைன் வடிவம் அமைப்பதற்கென அதிக பணம் செலவழிக்கப்பட வேண்டியதில்லை. மணிக்கு நாற்பது மைல் வேகத்துக்குக் குறைந்தவேகத்துடன் செல்லும் வண்டிகளில் செல்பவர், தாமேறிச்செல்லும் வண்டி 'ஸ்ட்ரீம்லைன்' வடிவினதாயில்லாவிடினும், அதைப்பற்றிக் கவலைப்பட வேண்டியதில்லை.

சூடும், வெப்பநிலையும்

‘வெப்பநிலை’ என்றால் என்ன என்பதைச் சற்று கவனிக்கலாம். ஒரு பொருள் எவ்வளவு சூடானது அல்லது எவ்வளவு குளிரானது என்றதைக் குறிப்பிடும் தாரதர அளவு, அதன் ‘வெப்பநிலை’ எனப்படும். ஓரளவுக்குச் சூடானதொன்றை அடிப்படையாகக் கொண்டு, அத்தாரதர அளவைகள் செய்யப்படுகின்றன. நாம் சாதாரணமாக, நமது உடலின் சூட்டுத்தாரத்தை யொட்டியே மற்றவற்றின் சூட்டுத்தாரங்களை ஒருவாறு அறிகிறோம். நமது உடலின் மேற்றோலில், சூட்டை உணரும் நரம்பு நுனிகளும் குளிரையுணரும் நரம்பு நுனிகளும் உள்ளன எனக்கூறியுள்ளோம். அவற்றை யொட்டியவாறு நாம் சூட்டையும் குளிரையும் உணர்கிறோம். அதாவது நமது உடலின் சூட்டுணர்ச்சியைத் தரும் பொருள்கள் நமது உடலின் வெப்ப நிலையைவிட அதிக வெப்பநிலையானவை எனவும் குளிருணர்ச்சியை தருபவை நமது வெப்ப நிலையைவிடக் குறைந்த வெப்பநிலையானவை, எனவும், கூறுகிறோம். எனவே, நமது உடலின் வெப்பநிலையைப் பொருத்தவாறே, சூடு—குளிர் என்ற உணர்ச்சிகள், முறையே, நம்மில் ஏற்படுபவை, என அறிகிறோம். பானைத் தண்ணீரை நாம் குளிர்ந்த நீர் என்கிறோம். பனிக்கட்டியின் வெப்பநிலையான உடல் வெப்பநிலையுடனுள்ள பிராணியொன்று அந்நீரை ‘வெந்நீர்’ என உணரும். சூடும் குளிரும், முறையே, தனிவகை யுணர்ச்சிகளாயினும், வேற்றுமையான பொருளியல்கள் அன்று. அவை ‘சூட்டியல்’ என்றதின் தாரதம்மியங்களைக் காட்டுகின்றனவையே. இரண்டடுக்கு மெத்தைவீடொன்றில், இரண்டாவது மாடியிலுள்ளவர்க்கு முதல் மாடி ஆழத்திலுள்ளது; கீழுள்ளவர்க்கு முதல்மாடி உயரத்திலுள்ளது. உயரம்—ஆழம் என்றவை இரு தன்மைகளைக் காட்டுபவையாயினும், அவை ‘செங்குத்துத்தூரம்’ என்ற ஒரு இயலின் தாரதம்மியங்களேயாம். இரண்டாவது மாடியிலுள்ளவர்க்கு முதல் மாடி ஆழத்திலுள்ளது. ஆயினும், அது கீழ்மாடியிலிருந்து எவ்வளவு உயரமானது என அளவிடலாம். அவ்வாறே நாம் குளிரான பொருள் என்று குறிப்பிடும் ஒன்றின் சூட்டியலை அளவிட்டு அதன் ‘வெப்பநிலை’ எவ்வளவானது எனக்காணலாம். வெப்பநிலையளவிடப்படும் முறையைப்பற்றி பிறகு கூறுவோம். ‘சூட்டியல்’ என்பது ஒரு பொருளின் மூலத்துகள்களின் வேக சக்தியைப் பொருத்தானது என முன்பே கூறியுள்ளோம். சூட்டியலின் அளவு வேறுபடுவதால், மூலத்துகள்களின் வேகமும் வேறுபடும். திடப்பொருள்கள், திரவங்கள், வாயுக்கள் என்ற மூவகைப் பொருள்களின் மூலத்துகள்களில், முறையே, சூட்டினால் எவ்வாறான வேறுபாடுகள் பயத்தப்படுகின்றன, என, இனிக் கவனிக்கலாம்.

திடப்பொருளின் மூலத்துகள்கள் நிலைத்தவாறு பொருந்தியிருப்பவை. ஆயினும் சற்றுக்கூட அசையாது முற்றும் நிலையாயுள்ளவையன்று. சூட்டின்

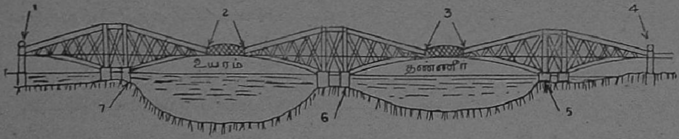
விளைவாய் அம்மூலத்துகள்களின் அசைவு சற்று அதிகமாகின்றது. அதனல் அம்மூலத்துகள்கள் ஒவ்வொன்றும் முறையே, அதனதன் அக்கம் பக்கத்து மூலத்துகள்களின் வாட்டத்தில் இன்னும் சற்று அதிகக்கிட்டமாய் அணுகுகின்றன. அதனல் அவற்றிடை எதிர்ப் போகுவிலக்கம் (ரிபல்ஷன்) எற்படுகின்றது. ஒவ்வொருமூலத்துகளும்,முறையே, அதனதற்கு அடுத்ததான மூலத்துகளினின்று சற்று எட்டமாயானவாறு விலகுகின்றது. அதனல் கிராதியடைப்பு மூலத்துகள்களினிடை வெளி சற்று பெரிதாகின்றது. அப்படி அதிகமாகும் அளவு மிக மிகச்சிறியதாயிருக்கும். கிராதியடைப்புகள் (லாட்டிஸ்கள்) எல்லாம் சற்று விரியலாகின்றன. எனவேதிடப்பொருள் எல்லா வாட்டங்களிலும் சற்றுப்பெரிதாகிறது. அதன் நீளமும் அகலமும் தடிப்பும், முறையே அதிகமாகின்றன. அப்பெருக்கத்தினளவு அதிகமன்று. ஒரு அடுப்புக் குறட்டை நெருப்பில் போட்டால், நீன்வதாகநமக்குத்தோன்ருது. ஒரு பொருளில் சூட்டால் பயத்தப்படும் பெருக்கம், முறையே,அதன் நீளம்-அகலம்-தடிப்பு என்றவற்றின் அளவுகளையும் அதில் எற்படும் வெப்பநிலை மிகுதியினவையும், பொருத்தது. வெப்பநிலை, முறையே, ஓரளவு அதிகமானபோது, பத்துகஜ நீளமான இருப்புச்சட்டம் நூறு டிக்ரிகள் (Degrees) அளவு வெப்பநிலை அதிகப்படுவதால் எற்படும் நீள மிகுதியைவிட, அதே சட்டம் இருநூறு டிக்ரிகள் அதிகப்படுவதால், பயத்தப்படும் நீளமிகுதி இருமடங்காயிருக்கும். இன்னும், ஒரேயளவான பலவகைப் பொருள்களில் ஒரேயளவான வெப்புநிலை மிகுதியை முன்னிட்டு, வெவ்வேறு அளவிலான பெருக்கங்கள், முறையே, எற்படுவன. நூறுகஜ நீளமான அல்யூமினியச்சட்டம், நூறு டிக்ரிகள் வெப்பநிலைமிகுதியினல், முக்கால் அடிஅதிகமாய் நீளும். நூறுகஜ நீளமான செப்புச்சட்டம், நூறுடிக்ரிகள் வெப்பநிலைமிகுதிக்கு, அரை அடி நீளம் அதிகமானதாகும். வார்ப்பு இரும்பு-கால்அடி ; கண்ணடி-2½ அங் ; கல்லுப்பு-⅝ அங். ஒரு கஜ நீளமான பண்ணு இரும்புச் சட்ட மொன்றின் வெப்பநிலை, நமது உடலின் வெப்பநிலை (37°c) யிலிருந்து கொதி நீர் வெப்ப நிலை (100°c) யினதானல், அதன் அதிக நீட்சி. 0·026 அங். ஆகும். அச்சட்டத்தின் வெப்பநிலையை அதிகப்படுத்தாமல், அதைவலித்திழுத்து நீட்டவும்கூடும். சட்டத்தின் அகலம் ஒருஅங்குலமும், தடிப்பு கால் அங்குலமுமானல், அதை, 0·026 அங்குளவளவு நீட்டுவதற்கென வேண்டப்படும் வலிமையினளவு, இருநூற்று முப்பத்து மூன்றுகோடி டைன்களாகும். அது இரண்டரை டன்கள் கனத்து வலிமை. சூட்டால் மூலத்துகளின் வேகம் சற்று அதிகப்பட்டதால், அவற்றின் சக்தியும் அதிகமாகின்றது. அவ்வதிக சக்தியால் செய்யப்படும் வேலேயும், சட்டத்தை 0·026 அங்குலவளவு அதிகமாய் நீட்டும் போது இரண்டரை டன்கள் செய்யும் வேலேயும், நிகரளவினவை. எனவே, அச்சட்டம் சூடேறி நீளும்போது, இரண்டரை டன்கள் வலிமையை ஆற்றுவிக்

திடப்பொருள்களில் சூட்டினுல் பயக்கப்படும் விளைப்பாடுகள்

கின்றது. வெப்பநிலை அதிகமாவதால், திடப்பொருளொன்றில் ஏற்படும் அதிக நீட்சி சொற்பவளவினதேயாயினும், அது மிக்க வலிமையுடன் நேரிடுவது. இருப்புப்பாலத்து கர்டர்கள், தண்டவாளங்கள், முதலானவை வெப்பநிலை மாற்றங்களால் ஏற்படக்கூடிய அளவு வேறுபாடுகளை யொட்டிய வலிமைப்பிரயோகத்தின் நிமித்தம், பெயர்ந்து விடாதவாறு அமைக்கப்பட வேண்டும். அவ்வாறான எஞ்சினீயரிங்கு வேலைகள் செய்யப்படும்போது, அவ்விஷயம் கவனிக்கப்படுகின்றது. இவ்விரு கர்டர்களின் நுனிகளிடை, முறையே சிறிது இடைவெளி விடப்படும். அவ்வாறே, இருப்புப்பாதைத் தண்டவாளங்களும், ஒன்றின் நுனியினின்று மற்றொன்றினது இடைவெளிப்பட்டவாறு அமைக்கப்படுகின்றன. அவை, அவ்வாறு பொருத்தப்பட்டுள்ளமையின், வெப்பநிலை அதிகமாவதால் அவை நீளும் போது, ஒன்றை யொன்று வலிமையுடன் இடித்து மோதிக்கொண்டு பழுது படாதவாறு இருப்பன. நம்மூரிலும் சுற்றுப்பாங்கிலும் பருவகாலங்களை யொட்டியவாறு, வெப்பநிலை 20°C—45°C ஆனவாறு வேறுபடலால், 20°c வெப்பநிலையானபோது, தண்டவாளங்கள் போடும்வேலைநடந்தது எனவும், அவை ஒவ்வொன்றும், முறையே 60 அடி நீளமானது, எனவும், வைத்துக்கொள்வோம். அவ்வேலையைச் செய்த கூலியாட்கள், அத்தொழிலுக்குப் புதியவராதலின், தண்டவாளங்களை இடைவெளிவிடாது, பொருத்திவிட்டார்கள். மேஸ்திரிக்கு மறதி அதிகம்; அதைக்கவனிக்கவில்லை. எஞ்சினீயர் முதலான அதிகாரிகளும் மாமூலையொட்டி, வேலைசரியாய்ச் செய்யப்பட்டுவிட்டது, என, அங்கீகரித்து கையெழுத்துப்போட்டு விட்டார்கள். கண்ட்ராக்டரின் கணக்குப்பட்டியல் (பில்-Bill) சரியெனஒப்புக்கொள்ளப்பட்டு, 'பாஸ்' செய்யப்பட்டது. அவர்உண்டியலை (செக்கை)ப்பெற்று, அதை மாற்றிப்பணமாக்கி, தனது பெண்ணின்கலியாணத்தை அதிவிமரிசையுடன் நடத்திவிட்டார். வெப்பநிலை45°c ஆய்விட்டது. இடைவெளிவிடப்படாது போடப்பட்ட, அறுபதுஅடி நீளமான தண்டவாளங்கள் ஒவ்வொன்றும், முறையே, தாம்நீளவேண்டியதற்கான $\frac{5}{128}$ அங்குல இடம் இல்லாமல் போனதால், ஒன்றையொன்று முட்டிக்கொண்டு, மேல் மேல் நோக்கி வில்போல் வளைந்துவிட்டன. ஒவ்வொன்றும், முறையே, வளைந்து, அவற்றின் நுனிகளும், முறையே, நான்கு அங்குல உயரம் கிளம்பியமையின், தண்டவாளங்கள் தம்மியலானவாறு நீண்டு சுகமாய்ப் பொருந்திவிட்டன. நமதூர்ப்பக்கம், முதல் புகைவண்டித் தொடரை (ட்ரெயின்) விட்டார்கள். முதல் புகைவண்டித் தொடராதலின், அதில் அதிகாரிகளும் ஏறிவந்தனர். வண்டியோட்டி (ட்ரைவர்), பாதை புதிதானதால், சற்று நிதானமாகவே எஞ்சினையோட்டினர். வில்வளைவான தண்டவாள நுனிக்கு எஞ்சின் வந்தது; வளைந்த நுனியால் மோதுண்டு, இருப்புப்பாதையை விட்டு விலகி, பக்கத்திலிறங்கிக் கீழே சாய்ந்தது. வண்டியோட்டியும் (ட்ரைவரும்), தீக்

இருப்புப் பாலக் கர்டர்களிலும் தண்டவாளங்களிலும் இடைவெளி விடுதல்

கிளர்வியும் (பைர்மெனும்) குதித்துத் தப்பினார்கள். எஞ்சின் மெதுவாகவே ஓட்டப்பட்டு வந்ததால் முன்னிருந்த இரண்டு வண்டிகளைத்தவிர மற்றவை கீழே சாயாமலிருந்தன. நல்ல வேளையாக விபத்து நேர்ந்த இடம் மணற் பாங்காயிருந்தது. அதனால் எல்லோரும் தப்பினார்கள். சிலருக்கு மட்டும் அற்பகாயங்கள் பட்டன. விபத்தையொட்டிய அமளி ஒருவாறு அடங்கிற்று. அதிகாரிகள் கூடினார்கள்; உறுமினார்கள். உடனே கண்ட்ராக்டருக்குச் சொல்லி யனுப்பி, அனுபவமான தொழிலாளிகளைக் கொண்டு, பாதையைச் செப்பனிடச் செய்தார்கள். இடைவெளி விடப்பட்டு தண்டவாளங்கள் போடப்பட்டன. ஒரு மைல் தூரமே (80 தண்டவாளங்கள்) இடைவெளி விடாது தண்டவாளங்கள் போடப்பட்டிருந்தன. இரண்டு நாளில், இடை வெளிவிடப்பட்டவாறு தண்டவாளங்கள் போடப்பட்டு, பாதை சரியாக்கப்பட்டது. கண்ட்ராக்டர் சிறப்பானவிருந்துக்கச்சேரி நடத்தி, அதிகாரிகளின்சினத்தை ஆற்றிவிட்டார். பிறகு, நமதூர்ப்பக்கமாய், புகைவண்டித்தொடர் (ட்ரெயின்) ஒழுங்காய் வரவும் போகவும் ஆய்விட்டது. தண்டவாளங்களை இடைவெளி விட்டவாறு அமைத்தல், எளிது. இருப்புப் பாலங்களின் கர்டர்களை வெப்பநிலை மாற்றங்களுக்கானவாறு இடைவெளி விட்டுப் பொருத்துதல் அவ்வளவு எளிதன்று. பெரும்



படம் 151

இருப்புப்பால கர்டர்கள் இடைவெளிவிட்டுப் பொருந்தலாயிருத்தல்.

1, 4, உருளை யந்திரம் (**Roller Bearing**)
2, 3, ஆலல் பகுதிகள் (**Rocking Parts**)
5, 6, 7, நிலையிருப்புகள் (**Fixed Points**)

பாலங்களைக் கட்ட உபயோகிக்கப்படும் கர்டர்கள், தண்டவாளங்களைவிட அதிக நீளமானவை. ஆதலின் இடைவெளி அதிகமாயிருக்கவேண்டும். கர்டர்களின் பொருத்தம் விலகாதபடியும் இடைவெளிவிட்டவாறும், அவை, அமைக்கப்பட வேண்டும். பெரும்பாலங்களது கர்டர்களிடை வெளிகள், ஒரு அடியும், அதற்கு மேலுங்கூட இருக்கலாம். கர்டர்களின் பொருத்தம் தெறித்து நீப்பாகாதவாறும், வட்டவுருளைகள் (ரோலர்கள் **Rollers**) மீது இருத்தப்பட்டு வழுக்கி நீளவும் குறுங்கவும் ஆனவாறும், அவை அமைக்கப்படுகின்றன. நீராவி எஞ்சினில் நீராவி செல்லும் குழாய்களில் ஏற்படும் வெப்பநிலை வேறுபாடுகளின் அளவு அதிகமானது. கொதிநீரினதைவிட இருநூறு டிக்ரிகள் வரை, அதிக வெப்ப நிலையான மேக்குச் சூடாக்கப்பட்ட (ஸூபர்ஹீடட்-**Superheated**) நீராவி அக்குழாய்களின் வழியே செலுத்தப்படுகின்றது. நீராவி பாய்ந்து கொண்

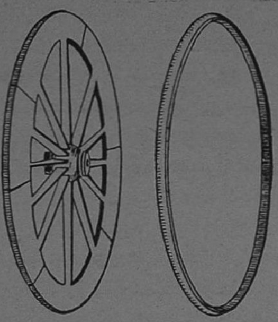
டுள்ளாதபோது, அக்குழாய்கள் சாதாரண வெப்பநிலையினவை. அவ்வளவான வெப்பநிலை வேறுபாட்டிற்கானவாறு, அக்குழாய்கள் நீளவும் குறுங்கவும் வேண்டும். நீராவி செல்வதற்கான குழாய்களை இடைவெளிப்பட்டவாறு பொருத்தக்கூடாது. இரு குழாய்களின் நுனிகளுக்கிடை வில்வளைவான மற்றொரு குறுங்குழாயொன்று இணைக்கப்படுகின்றது. அக்குழாயின் இரு நுனிப்பகுதிகளும், முறையே, தொடர்க்குழாய்களின் நுனிகளுடன் நன்கு பிணைக்கப்படுவன. இடையிணைக் குழாய் வில் தன்மை அதிகமானது; ஞாட்பானது (டப்பானது); வெப்பநிலை அதிகமாவதால் தொடர்க்குழாய்கள் நீளும்போது, இணைக்குழாய் வளைந்து கொடுத்து நீட்சியினாலான வலிமைகளை ஓர்த்துக்கொள்ளும். அவ்வாறான இணைக்குழாய்கள் ஒவ்வொன்றும், முறையே, தொடர்க் குழாய்கள் இரண்டின் நுனிகள் ஒன்று கூட்டப்படவேண்டிய இடங்களிலெல்லாம் பொருந்திப் பிணைக்கப்படுவன. இடையிணைக் குழாய்களின் தகடுகள், கட்டிடங்களின்மீது கூரையைப்போன்று போடுவதற்காக உபயோகிக்கப்படும் துத்தநாகத் தகடுகளுள்ளதைப்போல, வளைந்து வளைந்து மடிப்பானவாறு இருப்பவை. அவ்வாறிருப்பதால், அவற்றின் ஞாட்பு (டப்னெஸ்) அதிகமாகின்றது.

நீராவி எஞ்சின் குழாய்களின் தொடர் பந்திதமுறை.

வெப்பநிலை மாற்றங்களை யொட்டி திடப்பொருள்களில் பயத்தப்படும் விரிவு மாற்றங்களுடன் தொடர்பான தொல்லைகளைப்பற்றிக் கூறினோம். அம்மாற்றங்களை யொட்டிய நலங்களை இனிக்கூறலாம். வண்டிச்சக்கரங்களுக்கு இரும்புக் கட்டுகள் பொருத்தப்படற்கான முறை, அம்மாற்றங்களை யொட்டியது. இருப்புக்கட்டு பழுக்கக் காய்ச்சப்படுகின்றது. அதனால் அதன் சுற்றளவு சாதாரண வெப்பநிலையானதைவிட பெரிதாய் ஆகின்றது. அது வண்டிச் சககரத்தின் விளிம்பைச் சுற்றிலுமானவாறு பொருத்தப்படுகின்றது. பிறகு அதன்மீது தண்ணீர் கொட்டப்படும். கட்டின் வெப்பநிலை குறைவதால், அது குறுகி, சக்கரத்தைக் கெட்டியாய் இறுக்கிப் பிடித்துக்கொண்டவாறு இருந்துகின்றது. ரயில் வண்டிச் சக்கரங்களின் இருப்புக்கட்டுகளும், அம்முறையை யொட்டியே பொருத்தப்படுகின்றன. அவற்றின் கட்டுகள் செம்மைத் திட்டமாய்ப் பொருந்தியிருக்கவேண்டும். கட்டுக்கு உள்ளேயிருத்தப்படும் சக்கரப் பகுதியின் அளவு திட்டமானதைவிடச் சற்று அதிகமானாலும், கட்டுபொருந்தும்போது, சாதாரண வெப்பநிலையில் தனது கிரமமான அளவுக்கு அது குறுகமுடியாது. அது சற்று விரித்திழுக்கப்பட்ட நிலைமையிலேயே இருக்கும். எனவே, அது தக்கவளவுக்கு முரணுனதாயிருக்காது. உட்பகுதி திட்டமான அளவைவிடச் சற்றுக் குனறந்ததாயினல் கட்டின் பிடிப்பு உறுதியாயிருக்காது. அது கழன்றுபோகலாம். கட்டும், உட்பகுதி

சக்கரங்களுக்குக் கட்டுகளைப் பொருத்தல்

யின் விளிம்பும் செவ்வனே மெஷீன் இழைப்பு செய்யப்பட்டு, கரடுமுரடின்றிச் சீராக்கப்படுவன. உட்பகுதியின் குறுக்களவைவிட $\frac{1}{1000}$ முதல் $\frac{1}{800}$ வரை அதிகப்



படம் 152

வண்டிச் சக்கரங்களுக்கு கட்டுப்பொருத்தல்

பங்கான குறுக்களவுடன் கட்டின் உட்கூடிடம் இருக்கும். குறித்தவளவான வெப்பநிலை மாற்றங்களையொட்டி, சக்கரங்கள் செய்யப்படுவதற்கான உலோகம் எவ்வளவு வேறுபடும் எனத்திட்டமாய் அளவிடப்படும். பிறகு $\frac{1}{1000}$க்கும் $\frac{1}{800}$க்கும் இடைப்பட்ட எப்பின்னவளவு தக்கது என நிலவரம் செய்யப்படும். அதற்கேற்றவாறு, கட்டும்,சக்கரமும்,முறையே,திருத்தவளவினவாய் செய்யப்படுவன. அதன்பிறகே, கட்டு பொருத்தப்படும். கட்டை வண்டிச் சக்கரங்கள் மேற்கூறியவாறு திட்பமாய்ப் பொருத்தப்படுவதில்லை. அவற்றில் கட்டுக் கழலலும் கட்டுத்தெறித்தலும், சகஜம். வண்டிச் சக்கரங்கள் கிடக்கட்டும். நமது பேருலகைக் கவனிப்போம். நமது உலகம் ஒரு காலத்தில் பெரும் நெருப்புக் கோளமாயிருந்தது, எனவும், காலப்போக்கில் அதன்

உலக மேலோட்டின் சுருக்கங்களும் மடிப்புகளும்

மேற்பகுதி சூடுதணிந்து இப்போதுள்ளவாறாயிற்று எனவும் கூறியுள்ளோம். நம்முலகின் உட்பகுதி இன்றும் சூடாகவேயுள்ளது. பூமிக்குள் தோண்டப்படும் சுரங்கங்களினுள் கீழிறங்கி ஆழமாய்ச் செல்லச் செல்ல நூறு கஜத்திற்கு இரண்டு டிக்ரீகள் என்ற வீதமாய் வெப்பநிலை, முறையே, அதிகமாகின்றது. உலகில், ஆங்காங்கு, வெந்நீர்ச் சுரக்கும் ஊற்றுகள், பல்நூறடி உயரத்திற்குப் பீறிடுகின்றன. எரிமலைகள் தணல்மயமான கல்லுருக்குத் திரவங்களைக் கக்குகின்றன. உலகிற்குள், ஆதியிலான சூடு உள்ளதேயன்றி, புதிதாய் வேறு சூடு விளைவிக்கப்படவில்லை. அவ்வாதிச்சூடே சிறிது சிறிதாய் வெளிப்படுகின்றது. எனவே, அப்பகுதியும் கொஞ்சம் கொஞ்சமாய் ஆறிவருகின்றது. உலகின் உட்பகுதி, வெளிப்பகுதி

என்ற எல்லாம், ஒரு டிக்ரீயளவு வெப்பநிலை குறைகின்றன, எனக்கொள்வோம். அதையொட்டி, அதன் குறுக்களவு கோடியில் எண்பது பங்கான வீதவளவு குறையும். உலகின் குறுக்களவு, சுமாராக எண்ணாயிரம் மைல்கள். ஆகவே, அதன் குறுக்களவு $\frac{8000 \times 1760 \times 80}{1,00,00,000} = 113$ கஜங்கள் குறையும். உலகம் முழுவதும் ஒரே சீராய் அவ்வளவேயான குறுகல் எற்பட்டதாயின் அவ்வாறு உலகவளவு குன்றியுள்ளதென ஒருவருக்கும் தோன்ருது. உட்பகுதியில் மட்டும் வெப்பநிலை குறைந்து வெளிப்பகுதியின் வெப்பநிலை மாருதிருந்தால், உட்பகுதி மட்டும் குறுகும்; வெளிப்பகுதி குறுகாமல், அப்படியேயிருக்கும். உலகில், ஆங்காங்கு, பலபடலங்களில் புதையுண்டுகிடந்து தோண்டியெடுக்கப்படும் பொருள்கள் 'அகழ்தலிகள்' (பாஸில்கள்-**Fossils**) எனப்படுகின்றன. அவற்றை ஆராய்ந்து, மிகப்பண்டைக்காலங்களில் உலகின் நிலைமை எவ்வாறிருந்திருக்கவேண்டும், என, தெரியற் செய்கையோர் ஒருவாறு தீர்மானித்துள்ளனர். அதை யொட்டி, உலகினது வெளிப்பகுதியின் சராசரி வெப்பநிலை, சென்ற பல்கோடி ஆண்டுகளாக மாருதிருந்துள்ளது என அறியப்பட்டுள்ளது. ஆதலின், நமது உலகின் உட்பகுதியில் மட்டுமே, வெப்பநிலை குறைந்து, அப்பகுதி குறுகுகின்றது, எனக் கூறலாம். அப்படி, அது குறுகுவதால், மேற்பகுதி சில பாங்குகளில் உள்வாங்குகின்றது. மற்றப் பகுதிகள் கீழேயிழுக்கப்பட்ட வற்றிற்கேற்ப, மேலேயுயர்கின்றன. உலகின் மேற்பகுதி மேடு பள்ளங்களுடனுள்ளதாய், ஆகின்றது. உதைத்தாடும் விளையாட்டில், அங்குமிங்குமாய் உதைக்கப்படும் காற்பந்து (புட்பால்), காற்றடக்கப்பட்ட 'கும்பிப்பை' (பிளாட்டர்-**Bladder**) எனப்படும் உட்பகுதி தேய்ப்புரிப் (ரப்பர்) பையையும், தோலாலான 'கவியவுறை' (கவர்-**Cover**) எனப்படும் வெளிப்பகுதிப் பையையும் கொண்டது. 'பிளாட்டர்' காற்றடிக்கப்பட்டு உப்பியுள்ளபோது 'கவரும்' சீராய் அமைந்துள்ளது. பிளாட்டரில் காற்றிறங்கி அது உள்வாங்கிவிட்டால், கவரில் மடிப்புகள் எற்படுகின்றன. அவ்வாறே, நமது உலகின் உட்பகுதி குறுகும்போது வெளிப்பகுதியில் மேடு பள்ளங்கள் தோன்றுகின்றன. அதிக பள்ளமான இடங்களில் நீர் நிரம்பி அவை ஆழ்கடல்களாயின. மிக எழும்பிய இடங்கள் உயர்மலைகளாயின. வயதாக, ஆக, ஒருவரின் மேற்றோல், பல இடங்களில் சுருங்கி, அதில் மடிப்புகள் எற்படுவதும், மேற்கூறிய முறையை யொட்டியே. உட்சதை குறுகுகின்றது. தோலின் மேற்பரப்பு அளவு குறையாதுள்ளது. எனவே அது, மடிப்புக்களும் சுருக்கங்களும் விழுந்ததாய் ஆகின்றது. நமது உலகின் வயது அதிகமானபோது, அதன் மேலோடும் (கிரஸ்டும்-**Crust**) மேடு பள்ளங்களுடன் கரடுமுரடாய் ஆயிற்று. இமயமலை-யூரல்மலை-ஆண்டிஸ்மலை-ராக்கிமலை-ஆல்ப்ஸ்மலை-முதலான பெரும் மலைத்தொடர்கள் உலகின் முகத்து மடிப்புக்களின் எழும்பிய விளிம்புகளே. மேற்கூறியதுடன் இன்னும் பலவான காரணங்களை முன்னிட்டே மலைகள் எழுந்தவை. பெரும் நிலப்பாகங்கள் நிலையாயில்லா

மல் நகர்ந்துகொண்டேயிருந்தன எனவும், அப்படி நகருங்கால் சிற்சில பாங்குகளில் தேக்கமேற்பட்டதால், நிலங்குவிந்து மலைகள் எழுந்தன, எனவும், கருதப்படுகின்றது.

திடப்பொருள்கள் தம்வழியே சூட்டைக் கடத்துகின்றவை (கண்டக்டு செய்கின்றவை). திடவஸ்துவொன்றின் ஒரு நுனியில் சூடேற்றினால், அதன் வழியே அவ்வெப்பம் ஏறுகின்றது. சூடேற்றப்படும் பகுதியிலுள்ள மூலத்துகல்கள், மற்றவற்றைவிடச் சற்று அதிக வேகமானவாறு அசைகின்றன. அதனால் அவற்றின் வீச்சு அதிகமாகின்றது. தம்மையடுத்துள்ள மூலத்துகளை அதிகக் கிட்டமாய் நெருங்குகின்றன; அவற்றை, முறையே, கவர்ச்சி செய்தலாலும் விலக்கலாலும், அவையும் வேகமதிகமானவாறு ஆடலாகும்படி செய்கின்றன. அப்பகுதியும் சூடாகின்றது. அவ்வாறே, முறையே, தொடர்ந்து நிகழ்வதால், சூடு, அவ்வஸ்துவின் வழியே கடத்தப்படுகின்றது. பலவான திடப்பொருள்களின் சூடுகடத்தும் தரங்கள், முறையே, வெவ்வேறானவானவை. வெள்ளிக் கூஜாவில் சூடான காப்பி ஊற்றப்பட்டிருந்தால், துணியைச் சுற்றிப் பிடித்துக்கொண்டே அக் கூஜாவைத் தூக்கவேண்டியுள்ளது. அதே காப்பி பீங்கான் மிடாவில் (போர்விலின் பாட்டில்-**Porcelain Pot**) இருந்தால், மிடாவை நமது கையால் தொட்டுப் பிடித்து எடுக்க முடிகின்றது. வெள்ளியின் சூடு கடத்தும் தரம், பீங்கானினதைவிடப் பன்மடங்கு அதிகமானது. பொருள்களின் சூடு கடத்தும் தரங்கள், முறையே, வெவ்வேறு அளவினவாய் இருத்தற்கான காரணம் என்ன என்பதை தெரியற்செய்கையோர் இன்னும் திட்டமாய் அறியவில்லை. உலோகங்கள் சூடுகடத்தும் தரம் மிக்கவை. அவற்றில், அணுக்களினின்று கழன்று தனிப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் உள்ளன, எனத் திட்டமாய் அறியப்பட்டுள்ளது. அவை அணுக்களை விட மிகச்சிறியவையாதலின், அணுக்களை விடச் சீக்கிரமாய் அவற்றில் சூடேறுகின்றது எனவும், அவ்வாறானவை அணுக்களினிடை விரைவாய் ஓடி அவ் வணுக்களை மோதலையொட்டி ஒரு மூலத்துகளினின்று அடுத்ததற்கு, சூடு செல்வதற்கான நேரம் குறைகின்றமையின், சூடு விரைவாகக் கடத்தப்படுகின்றது எனவும், ஒருவாறு விளக்கப்பட்டுள்ளது. உலோகங்களல்லாத பொருள்களில் தனிப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் இல்லை. அவற்றில் மூலத்துகளொன்றின் இயக்கம் அதிகப்பட்டு, அதனால் அதற்கடுத்ததின் இயக்கம் அதிகப்படல், என்றான முறையையொட்டி மட்டுமே, சூடு கடத்தப்படும். இவ்வாறு சூடு கடத்தப்படுவதற்கான நேரம், எலக்ட்ரான்களின் ஓட்டத்தால் சூடு கடத்தப்படுவதற்கான நேரத்தை விட அதிகமானது. ஆதலின், உலோகமல்லாத பொருள்களில் சூடு விரைவாய்க்கடத்தப்படுவதில்லை. எலக்ட்ரான்களை யொட்டியான விளக்கத்தில், ஒரு தப்புள்ளது. எலக்ட்ரான்

திடப்பொருள்கள் வழியே சூடு கடத்தப்படல்

கள், சூடு கடத்தலென்ருன வேலையைச் செய்யத்தக்க நிறையினவை யன்று. சூடுகடத்தப்படும்போது, மூலத்துகள்களின் அதிக வியக்கம் ஒன்றிலிருந்து மற்ருென்றிற்குக் கடத்தப்படுகின்றது, என மேலே கூறினேம். அதிகவியக்கம் பரவும்முறை, அதிக வியக்கமான மூலத்துகள்களே ஓரிடத்தினின்று அடுத்த இடத்திற்குச் செல்லலை யொட்டியே, என்பது சில தெரியற் செயற்கையோரின் கருதுகோள். (ஹைபாதிஸிஸ்-**Hypothesis**) கணித முறையை யொட்டிய கடினமான இணைபுத்தொடர்களை (ஈக்வேஷன்களை-**Equations**)ப் பலவாறு அமைத்துக்காட்டி, சூடுகடத்தப்பாடு (ஹீட் கண்டக்ஷன்-**Heat conduction**) என்ற விஷயத்தைப்பற்றிப் பல தெரியற்செய்கையோர் விவாதித்துக் கொண்டுள்ளனர். சரியான விளக்கம் எதுவென்பதைப்பற்றிய ஒற்றுமைத் தீர்மானிகமான முடிவுக்கு இன்னும் அவர்கள் வரவில்லை. தெரியற்செயற்கையோர் தர்க்கித்துக் கொண்டிருக்கட்டும். நமது வீட்டுவேலையை நாம் கவனிப்போம்.

வீட்டு வேலைகள் பலவகையானவை. சிலவகை வேலைகளுக்கான தட்டுமுட்டுச்சாமான்கள் நல்ல சூடுகடத்திப்பொருள்களால் செய்யப்பட்டவையாயிருத்தல் வேண்டும். மற்றபல காரியங்களுக்கு சூடுகடத்துத்தரம் குறைந்த பொருள்கள் தேவையாகின்றன. சூடு கடத்தும் பண்புக்கெடுத்தவை, உலோகங்கள். சமையல் பாத்திரங்கள், தவலைகள், அண்டாக்கள், வெந்நீர்ப்போடும் குண்டான்கள், கொதிகலங்கள் (பாயிலர்கள்-**Boilers**) முதலானவை, உலோகங்களால் பண்ணப்பட்டவை. அவை உபயோகப்படும் வேலைகளில் சூடுகடத்துந்தன்மை வேண்டப்படுவது. சட்டெனச்சூடு உறைத்தாலும், உலோகங்கள் வெடித்துவிடவுறுதில்லை. கண்ணுடி-பீங்கான்-மண் முதலானவை, சூடுகடத்தும்தரம் குறைந்தவை. அவஃற்ருல்பண்ணப்பட்ட பண்டங்களின் வெப்பநிலை சடுதியில்மாறினுல் அவை வெடித்துப்பிளவுவுறுகின்றன. தடித்த கண்ணுடி டம்ளர் ஒன்றில் கொதிநீரை ஊற்றினுல்,அது வெடித்து விடுகின்றது. வெப்பநிலை அதிகப்பட்டதால், டம்ளரின் உட்பரப்பு சடீரென விரிகின்றது. வெளிப்பரப்பின் வெப்பநிலை மாறவில்லை. உட்பரப்பு விரியும்போது, வெளிப்பரப்பும் அதனுடன் விரியுமாறு நெரிக்கப்படுகின்றது. கண்ணுடி அவ்வாறு வலியுறுத்தப்படுவதை ஓர்த்துக்கொள்ளும் தன்மையானதன்று. அதன் மூலத்துகள்கள் பிணைப்புகளற்றவையாகின்றன. கண்ணுடியில் வெடிப்பு தோன்றுகின்றது. விளக்குகளின் கண்ணுடி சிமினிகள் சூடாயுள்ளபோது, அவற்றின் மீது தண்ணீர்தெளிக்கப்பட்டால், அவை வெடித்துவிடற்கான காரணம் மேற்கூறியவாருனதே. மெல்லிய கண்ணுடிச்சாமான்கள் வெப்பநிலை மாற்றங்களை யொட்டி வெடிப்பதில்லை. அக்கண்ணுடி மெல்லியதாயிருப்பதால், அதனூடே

சூடுகடத்தியலும் தட்டு முட்டுச்சாமான்களும்

வெளிச்சூடு சீக்கிரமாய் கடத்தப்படுகின்றது ; இருபரப்புகளும் ஒரேயளவான வெப்பநிலையினவாய் ஆகின்றது. தெரியற்செய்கைச் சோதனைகளுக்கென உபயோகிக்கப்படும் கண்ணாடிப்பாண்டங்கள், மெல்லியகண்ணாடியால் பண்ணப்படுகின்றன. சூடுஉறைப்பதால், உலோகங்கள் பிளந்து போவதில்லை. உலோகமொன்று நல்ல சூடுகடத்தியானதால், உலோகச்சாமானொன்றின் முழுதும் அதிசீக்கிரத்தில் வெப்பநிலை ஒரேசீராய்விடும். இன்னும் அவை வலியுறுத்தப்பட்டபோது, வளையுந்தன்மையானவை ; உடையும் தன்மையானவையன்று. ஒரு வஸ்துவின் வெப்பநிலை மாறாமல் இருக்கவேண்டுமாயின், அது, சூடு கடத்துத்தரம் மிகக்குறைவான பொருளொன்றால் சூழப்பட்டிருக்கவேண்டும். (சூடுகடத்துத்தரம் அறவே யில்லாத பொருள் கிடையாது) சூடான வஸ்துவொன்றைச் சூடாகவே வைத்துக்கொள்ள வேண்டுமாயினும், குளிர்ந்த வஸ்துவொன்றைக் குளிர்ந்தவாறே வைத்துக்கொள்ள வேண்டுமாயினும், அவை, முறையே, சூடுகடத்துத்தரம் மிகக்குறைவான பொருளொன்றால் செய்யப்பட்ட பேழைகளினுள் வைக்கப்படவேண்டும். கண்ணாடி-பீங்கான்-கல்-மண்-முதலானவை, சூடு கடத்துத்தரம் குறைந்தவை எனக்கூறினோம். அவற்றின் சூடுகடத்துத்தரங்கள் உலோகங்களினதைவிடக் குறைந்தவையேயாயினும், முறையே அவற்றின் வழியே கடத்தப்படும் சூட்டின் அளவுகளும் சொற்பமானவையன்று. எல்லா வாயுக்களும் சூடு கடத்துத்தரம் மிகக் குறைந்தவை. ஆயினும், அவற்றினூடே சூடுகடத்தப்படாமலிருக்கவேண்டுமாயின், அவை, அசைவின்றி நிலையாய் அடக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். குறித்த பருமனான திடப்பொருளொன்றினது மூலத்துகள்களின் தொகை, அதே பருமனான வாயுவொன்றினது மூலத்துகள்களின் தொகையைவிடப் பல்லாயிரக்கணக்கான மடங்கு அதிகமாயிருக்கும். ஒரு வாயு மூலத்துகள்களின்பாற்பட்ட இடத்தில் பல்லாயிரக்கணக்கான திடப்பொருள் மூலத்துகள்கள் இருக்கலாம். ஒரே வெப்ப நிலையில் திடப்பொருள் மூலத்துகளுக்கான சக்தியும், வாயுமூலத்துகளுக்கானசக்தியும் நிகரளவானவை. எனவே ஓரளவுப் பருமனான இடத்தில் திடப்பொருள்மூலத்துகள்கள் இருப்பனவாயின் அதிகவளவான சூட்டை அவற்றில் ஏற்றலாம் ; அதேயளவுப் பருமனான இடத்தில் வாயுவிருந்தால், அதன் குறைந்த தொகையான மூலத்துகள்மீது ஏற்றக்கூடிய சூட்டின் அளவு சொற்பமே. ஆயினும், அவ்வாயு அசைந்து கொண்டிருந்தால், அதன் வழியே ஒரு வஸ்துவினின்று அதிகமான சூடு வெளியேறலாம்.

அடக்கப்பட்ட காற்றின் சூடுகடத்துத்தரம் குறைவாயிருத்தல்

காற்றோட்டமான இடத்தில் சூடான வஸ்துவை வைத்தால் அது ஆறிப்போகின்றது. அவ்வஸ்துவால் சற்று சூடாக்கப்பட்ட வாயுப்பகுதி மேலே கிளம்பிப்போய்விடும் கீழிருந்த வாயுப்பகுதி மேலே வந்து சூடாகிக்கிளம்பிவிடும். இவ்வாறே வாயுப்பகுதிகள் தொடர்ந்தவாறு சூடேறிச்சென்றுவிடலாகின்றமையின் வஸ்துவின்சூடு தணிகின்றது எனவே வாயுவின் சலனத்தால் வஸ்துவின் சூடுகுறைக்

கப்படுகின்றது. வாயுவின்சூடுகடத்தும் தரத்தையொட்டி, சூடுவெளியேறவில்லை. ஓரிடத்திற்குள் அடக்கப்பட்டுள்ள வாயுவொன்றினூடே வெளியேறும் சூட்டினளவு அதிகமாயிருக்காது. நிலைப்பட்ட வாயுவொன்று சூழ்ந்துகொண்டுள்ளவாறு வைக்கப்பட்ட சூடான வஸ்துவொன்று, தன் சூட்டை அதிகமாய் இழந்துவிடாமலிருக்கும். திடப்பொருளொன்றில் பல இடுக்குகள் இருப்பின் அவ்விடுக்குகள் ஒவ்வொன்றிலும், முறையே, சிறிதளவு காற்று அடைக்கப்பட்டிருக்கும். அவ்வாறான திடப்பொருள், இடுக்குமொய்ப்பொருள்' (போரஸ்) மெடீரியல்-**Porousmaterial**) எனப்படும் பஞ்சு-கம்பளி-அட்டை-காகிதம்-வைக்கோல்-மரத்தூள்-கல்நார்-உமி, முதலானவை, இடுக்குமொய்ப் (போரஸ்-பொருள்கள். ஒரு கள்ளிப் பெட்டியின் மத்தியில், சூடான வானலியொன்றை வைத்து, அதைச் சுற்றிலும் உமியை நன்றாய்த் திணித்துவைத்தால், வானலி நெடுநேரம் வரை சூடாறாமலிருக்கும். உமியினிடை பல்லாயிரக்கணக்கான சிறு சந்துகள் உள்ளன. ஒவ்வொன்றிலும், முறையே சிறிதளவு காற்று அடைப்பட்டிருக்கும். அவற்றின் வழியே கடத்தப்படும் சூட்டினளவு சொற்பம். ஒரு பாத்திரத்தில் நீரையூற்றி அதில் சில காய்களை அரிந்துபோட்டுவிட்டு நீரைக் கொதிக்கவைப்போம். நீர் கொதி நிலைக்கு வந்தவுடன் அப்பாத்திரத்தை ஒரு பலகையால் நன்றாய் மூடிவிட்டு, அதைக் கீழே இறக்குவோம். பிறகு அதை ஒரு கள்ளிப்பெட்டியில் வைத்து, அதைச்சுற்றிலும் செம்மையாய் உமியைத் திணித்துவைப்போம். நீர் சூடாறாமலிருப்பதால் அதில் போடப்பட்ட காய்கள் அதில் வெந்துகொண்டிருப்பன. ஒரு மணி நேரத்திற்குப்பின் பாத்திரத்தை வெளியே எடுத்துப்பார்த்தால், காய்கள் நன்கு வெந்திருப்பதைக் காணலாம் இம்முறையை யொட்டியவாறு, சோறு சமைக்கலாம். விறகுச் சிக்கனம் செய்ய இது ஒரு வழி. வீட்டு வேலை முடிந்துவிட்டது. இனித் தொழிற்சாலைக்குப்போவோம்.

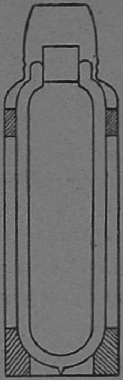
தொழிற்சாலையிலுள்ள எஞ்சின்கள் சூட்டு சக்தியை இயக்கச் சக்தியாய் மாற்றுவதற்கான சாதனங்கள், என, நாம் அறிவோம். நிலக்கரியாவது வேறுவகை இந்தனமாவது (பூயலாவது) எறிக்கப்படுவதால் சூடு பயத்தப்படுகின்றது.

இயந்திரசாலைகளில் சூடு வீணவதைத் தடுக்கும் வழிகள்

அச்சூடு பயனுறு வேலையை செய்யும்பொருட்டு மூட்டப்படுவது. அச்சூட்டிலொரு பகுதி, நீராவி, எண்ணெயாவி முதலானவை பயத்தப்படுமாறான கொதிக்கலங்களின் மேற்தகடுகளின் வழியேயும், அவ்வாவிகள் செல்லும் குழாய்களின் மேற்பரப்பு வழியேயும் வெளியே கடத்தப்பட்டு விடுகின்றது. அவ்வாறு வெளியேறிவிடும் சூட்டினளவு அதிகமாக, ஆக, முறையே பயனுறு வேலைக்கான சூட்டினளவு குறைந்துவரலாகும். எனவே, அக்கொதிகலங்களும் குழாய்களும் இடுக்குமொய்ப்பொருளால் (போரஸ் மெடீரியலால்) வேயப்படுகின்றன. பஞ்சு, கம்பளி,

கம்பளவ, ரத்தம் (பெல்ட்-Felt) முதலானவை சலபமாய் தீப்பற்றக்கூடியவை. ஆதலில் அவை வேய்ப்பொருளாய் உபயோகிக்கப்படுவதில. கல்நார் (ஆஸ்பெஸ்டாஸ்) அதற்கெனதேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட பொருள். கல்நாரையும் பாரிஸ்காரையையும் (பிளாஸ்டர் ஆப்பாரிஸ்–Plasterof Paris) சேர்த்துக் குழைத்தலையொட்டி, இளக்கமான கலவைச்சாந்தொன்று செய்யப்படும். அந்த இடுக்குமொய்யொட்டுக்களபம் (போரஸ் ஸிமண்டு-Porous Cement) கொதிக்கலங்களின் மீதும், ஆவி செல்லும் குழாய்களின்மீதும், பல வங்குலத் தடிப்புப்படலமாய்ப் பொருந்துமாறு அப்பப்படுகின்றது. சூடு கடத்த வொட்டாததற்கான, அப்போர்ப்பு, விளிம்புவாரணையம் (லாக்கிங்கு-Lagging) எனப்படும். விளிம்பு வாரணையம் (லாக்கிங்கு) அமைக்கப்படுவதற்கான மற்றொரு சிறந்த பொருள் வெள்ளித்தாள் (ஸில்வர் பேபர்-Silver Paper) எனப்படுவது. அது, பல மடிப்புகளானவாறு கசக்கி வளைக்கப்பட்ட மெல்லிய அலுமினியம் ரேக்கு. அலுமினியம் நல்ல சூடு கடத்தி. ஆயினும், ரேக்கின் பல மடிப்புகளின் வழியே சூடு கடக்க வேண்டும். அம்மடிப்புகளின் இடையில் காற்றடைக்கப்பட்ட அநேக இடுக்குகள் உள்ளன. ஆதலின், அவ்விளிம்பு வாரணையத்தின் (லாக்கிங்கின்) ஊடே வெளியேறும் சூட்டினளவு சொற்பமாகவே இருக்கும். உள்ளேயுள்ள சூடு வெளியேறாமலிருக்க, விளிம்பு வாரணையம் அமைக்கிறோம். அவ்வாறே, வெளிச் சூடு உட்புகாதிருக்கவும் விளிம்பு வாரணையம் (லாக்கிங்கு) அமைக்கப்படலாம். பனிக்கட்டி உருகாமலிருப்பதற்கென, அதை சாக்கால் சுற்றிவைக்கிறோம்; அல்லது கள்ளிப்பெட்டியொன்றில் வைத்து, பனிக்கட்டியைச் சூழ்ந்தவாறு ரம்பவறுத்தூளை (Saw-Dust)த் திணிக்கிறோம். சாக்கும், மரத்தூளும், வெளிச் சூடு உள்ளே கடவாதபடி அதைத் தடுக்கின்றவை. குளிரையுணராமலிருப்பதற்கென நாம் கம்பளிச் சால்வையைப் போர்த்திக்கொண்டுள்ளபோது, நமது உடலின் சூடு வெளியே கடவாதவாறு அப்போர்வை அதைத் தடுக்கின்றது. பனி விளைவிகளில் (ரெப்ரிஜிரேடர்களில்) வெளிச்சூடு உட்புகாதபடி, விளிம்பு வாரணையம் (லாக்கிங்கு) பொருத்தப்படுகின்றது. விளிம்பு வாரணயத்திற்கான சிறந்த பொருள்களிலொன்று ‘திப்பிப்பிச்சம்’ (ஸ்லாக்வுல்-Slag wool) எனப்படுவது. இரும்புடனுன உலோகக் கற்கட்டிகளில் (ஓர்களில்-Ores), இரும்பும் மாசுகளும் கலந்தவாறுள்ளன. அம்மாசுகளைக் கொண்டு திப்பிப்பிச்சம் (ஸ்லாக்வுல்) செய்யப்படுகின்றது. உலோகக் கட்டியிலிருந்து, சுத்த இரும்பைத் தனிப்படுத்துவதற்கென, அக்கட்டி உலையில் காய்ச்சி உருக்கப்படும். உருக்குத் திரவத்தின் மேற்பகுதியில் அம்மாசுகள் திரவவுருக்காகவே தேங்குகின்றன. மாசுத் திரவம் இரும்புருக்குத் திரவத்தினின்று தனியே நீக்கப்படும். அப்புறப்படுத்தப்பட்ட அம்மாசுத்திரவம் குளிர்ந்து இறுகும். இறுகிய திடப்பொருள் மங்கலான கண்ணாடியைப்போல் காணப்படும். அது, திரவ நிலைமையிலுள்ள போதே, அதனூடே காற்று வேகமாய் வீசப்படுகிறது. வேகமான காற்றோட்டத்திற்குட்பட்டவாறு, அது, ஆறுகின்றது; சற்று இறுகியவாருன குழம்பாய்

ஆகின்றது; பிறகு மெல்லிய இழைகளாய்ப் பிரிந்தவாறு இறுகுகின்றது. பார்வைக்கு, அது கம்பள நூலைப்போன்றிருக்கும். அதுவே 'திப்பிப்பிச்சம்' (ஸ்லாக்வுல்-Slagwool) எனப்படுவது. அதன் விலை அதிகமன்று; லேசானது; தீப்பற்றி எரியாதது; பூச்சிகளும் வண்டுகளும் தின்னாதது; விளிதலாகாதது; பூஞ்சு பிடிக்காதது. சாமான், சரக்குகளைச் சுற்றிலும் அதை வைத்து, மூட்டைகள் கட்டி, அவை வெளி வெப்ப நிலையால் பாதிக்கப்படாதவாறு, வேற்றூர்களுக்கு அனுப்பப்படற்கென 'திப்பிப்பிச்சம்' (ஸ்லாக்வுல்) அதிகமாய்ப் புழங்கப்படுகின்றது. சூடு கடத்துத் தரம் சொற்பமேனும் இல்லாதது, அறவேயான வெற்றிடம். ஒரு மூலத்துகள் கூட இல்லாத இடத்தில் சூடேறிச் செல்வதற்கான பொருள் ஒன்றுமில்லை. எனவே, வெற்றிடத்தினூடே, சூடு கடத்தல் இயலாது. அறவே காற்றகற்றப்பட்ட வெற்றிடமொன்றை செயல் முறையையொட்டி அமைக்கமுடியாது, எனக் கூறியுள்ளோம். மூப்பது கோடியிலொரு பங்கு அங்குலவளவுக்குக் குறைந்த அழுக்கமானவாறு ஒரு வாயுவை அமைத்தலென்பது, செயல் முறையையொட்டி இதுவரையில் நடைபெறாத காரியம். அவ்வளவு குறைந்த அழுக்கமான ஒருபடிப் பருமனுள்ள இடத்தில் பத்துலக்ஷக் கோடி மூலத்துகள்கள் உள்ளன. ஆகவே, சூடு அறவே கடத்தப்படாதவாறு செய்யப்படல், என்ற காரியம் இன்றுவரை நடையேறாதது. வெற்றிடத்தின் வழியே கடத்தப்படும் சூட்டினளவு மிகச் சொற்பமாகவேயிருக்கும், என்ற



படம் 154

வெப்பமை மாறக் குப்பிகள்-Thermos flasks

முறையையொட்டி, வெப்பமைமாறுக்குப்பிகள் (தெர்மாஸ் பிளாஸ்க்குகள். Thermos flasks) அமைக்கப்படுபவை. அவற்றின் அமைவகையைப் பற்றி முன்பே கூறியுள்ளோம். அதன் இரு படலங்களிடையான இடத்தை அறவே

வெற்றிடமாய்ச் செய்ய இயலாதுள்ளமையின், மிகச் செம்மையாய் அமைக்கப்பட்ட தெர்மாஸ் பிளாஸ்க்கினுள் வைக்கப்பட்ட சூடான பொருளொன்றும் நாளடைவில் சூடாறினதாய் ஆகும்; பிளாஸ்க்கினுள் வைக்கப்படும் பொருள், குளிர்ந்த தொன்றாயின், அதன் வெப்பநிலை காலக்கிரமத்தில் அதிகமாகிவரும். பிளாஸ்க்கை மூடும் அடைப்பான் (ஸ்டாப்பர்), அதன் கண்ணாடிப் படலத்தைத் தொட்டுக்கொண்டுள்ளது. அவ்வழியேயும் சூடு வெளியே கடத்தப்படும்; அல்லது வெளிச்சூடு உள்ளே கடத்தப்படும். அறவேயான வெற்றிடத்தினூடே சூடு கடத்தல் இயலாவிடினும், மற்றொரு முறையையொட்டி, சூடு, அதன் வழியேயும் செல்லக்கூடும். அறவேயான வெற்றிட வாயிலாயும் சூடு செல்லும் முறை, 'கதிர்வீச்சியம்' (ரேடியேஷன்-**Radiation**) எனப்படும். இவ்வகையில் பாய்ந்து செல்லக்கூடிய சூட்டின் அளவைக் குறைப்பதற்கெனவே, பிளாஸ்கினது கண்ணாடிப் படலங்களின் உட்பரப்புகள் வெள்ளி மூலாம் பூசப்படுகின்றன. மேற்கூறப்பட்ட மூவகைகளிலும், சூடு, பிளாஸ்கினின்று வெளியேறிவிடும்; அன்றி, வெளியேயிருந்து உள்ளே சென்றுவிடும். ஆகவே, பிளாஸ்குகளினுள் வைக்கப்படும் பொருள்கள் வெப்பநிலை வேறுபடாதவாறேயுள்ளவை அன்று. சாதாரண பிளாஸ்குகளில் வைக்கப்படும் பொருள்கள் எட்டுமணி நேரத்திற்குள் வெளி வெப்பநிலையளவினவாய்விடும்; சிறந்த பிளாஸ்குகளில் அவ்வாறாக பலநாட்களாகும்.

திடப்பொருள்கள் உருகுதலும் உருகீத கூர்மைச் சூட்டல் வெப்ப நிலையும்

திடப்பொருளொன்று சூடேற்றப்படும்போது, அது முதலில் பலவாட்டங்களிலும், முறையே, விரிகின்றது. இன்னும் அதிகமாய்ச் சூடேற்றப்படின் அது உருகுகின்றது. சூடேற, ஏற, அதன் மூலத்துகள்களின் வீச்சுகளும் முறையே, அதிகமாய்க்கொண்டுவருவன. இறுதியில் அவற்றின் இயக்கத் துடிதுடிப்புகள் ஓரளவைவிட அதிகமாகின்றமையின் அவற்றின் படிகமுருவிக்கிராதியடைப்புகளில் அவை பொருந்தியிருக்கயியலாதனவாகி, சரிந்துவிடுகின்றன. திடப்பொருள் திரவமாய் ஆகின்றது. 'உருகுதல்' என்பதின்பாற்பட்ட விந்தைகள், பல. சுத்தமான பொருளொன்று அதற்கென்றுளதொரு வெப்பநிலையானபோதே உருகும். வெள்ளீயம் உருகும் வெப்பநிலை 232°C என்றது. ஒரு டிக்ரியில் ஆயிரத்திலொரு பங்களவு அதன் வெப்பநிலை 232°C என்றதைவிட குறைந்திருந்தாலும், அது உருகாது; திடப்பொருளாகவேயிருக்கும். 232°C என்றதைவிட ஒரு டிக்ரியில் ஆயிரத்திலொரு பங்களவு அதன் வெப்பநிலை அதிகமாயிருந்தால், அது உருகி திரவ நிலைமையையடைந்திருக்கும். மெழுகு உருகுவதைப்போல் அது உருகுவதன்று. மெழுகு சுத்தவகைப் பொருளன்று, அது ஒரு கலப்புப் பொருள். அது உருகும்போது சிறிது சிறிதாய் இளகிக்கொண்டே வந்து, பிறகு உருகுகின்றது. வெள்ளீயம் அவ்வாறு இளகிக்

கொண்டே வருவதில்லை. திடப்பொருள் சடுதியில் திரவமாய்விடும். ஓரளவான வெள்ளீயத்தை பீங்கான் கலமொன்றில் வைத்து சூடேற்றினால், அவ்வளவு வெள்ளீயமும் திடப்பொருளாகவே யிருந்துவந்து, தக்க வெப்பநிலை ஏற்பட்டவுடன், திடீரென அவ்வளவும் திரவமாய்விடும், என்றில்லை. பீங்கான் கலத்தின் முழுவதிலும் சூடு ஒரே சீராய் உறைப்பதில்லை; அதன் ஒரு பகுதியில் அதிகமாகவும் மற்றொரு பகுதியில் குறைவாகவும், உறைக்கலாம். சூடு அதிகமாய் உறைக்குமாறான பகுதியிலுள்ள வெள்ளீயத்தின் வெப்பநிலை மற்ற பகுதிகளிலானதைவிடச் சீக்கிரமாய் அதிகமாகி வரும். உருகு வெப்பநிலை ஏற்பட்டவுடன், அப்பகுதியிலுள்ள ஈயம் மட்டும் உருகும். திரவமான ஈயத்தின் வெப்பநிலை அதிகமாகாமல், அப்படியே யிருக்கும். கலத்தில் உறைக்கும் சூடு, மற்ற பகுதிகளிலுள்ள திடப்பொருளான ஈயத்தின் வெப்பநிலையை அதிகமாக்கி வரும். அப்பகுதிகளிலுள்ள ஈயமும் தக்க வெப்ப நிலையினதாகி உருகும். கலத்திலுள்ள ஈயமெல்லாம் திரவமாகும். அதன் பிறகே திரவ ஈயத்தின் வெப்பநிலை அதிகமாகும். இவ்வாறு ஈயம் சிறிது சிறிதாகப் படிப்படியாய் சூடேற்றப்பட்டு உருகி வரும். ஈயமெல்லாம் உருகும்வரை, அதன் எப்பகுதியும் உருக்கு வெப்பநிலையை விட அதிகமாகாது. ஒவ்வொரு பகுதியும், முறையே, தக்க வெப்ப நிலையை எய்தியவுடன், நொடியில், அவையெல்லாம், திட நிலைமை நீங்கி திரவ நிலைமையினவாய் ஆகின்றன. இவ்வகையில், திடப்பொருளொன்று, அதற்கென்றான தொரு வெப்பநிலையில் உருகுவது; அவ்வாறான வெப்பநிலை சரித்திட்டமானது; அது, அப்பொருளின், 'உருக்குக் கூர்மைச் சுட்டல் வெப்பநிலை' (மெல்டிங்கு பாயிண்ட்-**Melting point**) எனப்படும். ஆயிரத்திலொரு பங்கு டிக்ரியளவுக் கூட, பிறழாமல், சுத்தப் பொருளொன்று உருகுவதினாலேயே, அது உருகும் வெப்பநிலை 'கூர்மைச்சுட்டல்' (பாயிண்ட்-**Point**) எனக்குறிப்பிடப்படுகின்றது. பனிக்கட்டியின் கூர்மைச்சுட்டல் வெப்பநிலை (மெல்டிங்கு பாயிண்ட்), 0°C, எனப்பட்டது. அவ்வெப்பநிலையில் பனிக்கட்டி உருகி நீராய் ஆகின்றது, ஒரு பாத்திரத்தில் கொஞ்சம் நீரை விட்டு அதைக் குளிர்வித்துக் கொண்டிருந்தால், அதன் வெப்பநிலை 0°C என்றானவுடன், அந்நீரிலொருபகுதி உறையும். நீரெல்லாம் பனிக்கட்டியாய் மாறும் வரை, வெப்பநிலை 0°C என்ற வளவினதாகவே யிருக்கும். திரவமொன்று திடமாய் உறையும் போதான வெப்பநிலை அதன் 'உறைவுக்கூர்மைச்சுட்டல் வெப்பநிலை' (ப்ரீஜிங்கு பாயிண்ட்-**Freezing point**) எனப்படும். சுத்தப் பொருளொன்றின் உருக்குக் கூர்மைச் சுட்டல் வெப்பநிலையும், உறைவுக் கூர்மைச்சுட்டல் வெப்பநிலையும், ஒன்றேயாம். அதற்குச் சற்று அதிகமான வெப்ப நிலையில் திரவப்பொருள் மட்டுமேயிருக்கும்; அதற்குச் சற்றுக் குறைந்த வெப்பநிலையில் திடப்பொருள் மட்டுமேயிருக்கும். கூர்மைச் சுட்டல் வெப்பநிலையில், திட, திரவப்பொருள்கள் இரண்டும் இருக்கலாம். கலப்புப்பொருள்களைக் கவனிக்கலாம். மெழுகு ஒரு கலப்புப்பொருள். அதைச் சூடாக்கினால், அது இளகிக்கொண்டே வந்து, திரவமாய் ஆகின்றது. அது,

திட்டமானதொரு வெப்பநிலையில் டக்கெனத் திரவமாவதில்லை. வெண்ணெய், பல கொழுப்புகளையும் எண்ணெய்களையும் கொண்ட கலப்புப்பொருள். அது காய்ச்சப்பட்டால் இளகித் திரவமாகின்றது. அதிலுள்ள பொருள்களில் சில மட்டும் முதலில் உருகுகின்றன. அப்படி யுருகியதாலான திரவத்தில் திடப்பொருள்கள் வேறுசில கரைகின்றன. இவ்வாறு, அதில், இளகல்-உருகல்-கரைதல் என்ற பலவகையான செய்படுகிரல்கள் (புரோஸஸ்கள்) நடைபெறுகின்றன. பற்றீயம் (ஸோல்டர்-Solder) காரீயமும் வெள்ளீயமும் கலந்த அளாவல் ; (அல்லாய்). அது 180°C-இல் திடப்பொருளாயுள்ளது ; பிறகு இளகுகின்றது. இளகிக்கொண்டே வந்து, 220°C-இல் திரவமாகின்றது. இவ்வாறு அது, 180°C வெப்பநிலையினின்று 220°C வரை, திடமாக வாயினும், திரவமாக வாயினும் இல்லாத ஒருவகை திடத்திரவக் குழம்பாயிருப்பதினாலேயே, பற்று வைப்பதற்கு ஏற்றதாய் உள்ளது. வெள்ளீயத்தின் உருக்கு வெப்பநிலை, 232°C, எனக் கூறியுள்ளோம். அவ்வெப்பநிலைக்குச் சற்று அதிகமானால், அது திரவமாயிருக்கும். அதை, பற்றுவைக்கும் கோலின் (ஸோல்டரிங்கு ஐரன்-Soldering-iron) நுனியைப்பற்றிக் கொண்டிருக்குமாறு செய்யமுடியாது. வெப்பநிலை 232°C என்றதைவிடச் சற்றுக் குறைவானால், வெள்ளீயம் திடப்பொருளாயிருக்கும். அதை பற்றுக்கோலின் நுனியில் இருத்த இயலாது. சுத்த உலோகம் பற்றுவைக்க உதவாதது. பற்றீயம், 180°Cக்கும் 220°Cக்கும் இடையான வெப்பநிலையானபோது, இளகிய குழம்பாயிருப்பதால், அதை பற்றுக்கோலின் நுனியில் ஒட்டிக்கொண்டவாறு எடுத்து, வேண்டிய இடத்தில் பற்று வைக்கலாம். சுத்தப்பொருள்களின் உருக்குக்கூர்மைச்சுட்டல் வெப்பநிலைகள், முறையே என்னவெனக் கவனிப்போம். மிகக்குறைந்த உருக்குக் கூர்மைச்சுட்டலானது, திடஹீலியம். அவ்வெப்பநிலை, −272·2°C. (பனிக்கட்டி யுருகும் வெப்பநிலையைவிட 272·2°C குறைந்தது). ஹீலிய அணுவின் நியூக்ளியஸ், அதன் வெளி எலக்ட்ரான்களுக்குச் சரி மையமாய் உள்ளது. ஆதலின் அவ்வணுவினது ஒரு நுனியின் மின்னேற்பும், மற்றொன்றினதும், நிகரளவானவை. ஆதலின், ஒரு ஹீலிய அணுவுக்கும், அதை யடுத்துள்ள தொன்றினுக்குமான கவர்ச்சிவலிமை மிகச் சொற்பமானது. ஆதலின் ஹீலிய அணுக்கள், மற்ற எல்லா அடிப்பண்ட அணுக்களையும் விட, முறையே, அதிக சுயேச்சையுடன் திரியக்கூடியவை. அவை திரவமாய்ச் சேர்வதற்கான கவர்ச்சி அவற்றிடை அதிகமாயில்லை ; மூலத்துகள் வேக சக்தி மிகச்சிறிதளவான போதும், வாயு நிலைமை நீங்காதிருக்கும் பான்மையானவை. அதனால், அவை மிகக்குறைந்த வெப்பநிலையிலேயே திரவமாய் அமையக்கூடும். திடப் பொருள்களுக்கான கிராதியடைப்பில் அவை பொருந்த வேண்டுமாயின், மிகச் சொற்பமான இயக்க சக்தி கொண்டவையாய் ஆகவேண்டும். எனவே, ஹீலியத்தின் உருக்குக் கூர்மைச்சுட்டல், −272·2°C என்றான வெப்பநிலை வரை குறைந்ததாயுள்ளது. செம்பின் உருக்கு வெப்பநிலை (மெல்டிங்கு பாயிண்டு) 1083°C ; பொன்னினது,

1063°C; வார்ப்பிரும்பு, 1100°C; பண்ணுறு இரும்பு, 1500°C; வெள்ளி, 961°C; டங்குஸ்டன் (Tungsten) என்ற உலோகத்தினது, 3360°C. டங்குஸ்டனின் உருக்கு வெப்பநிலை, அவ்வளவு அதிகமாயிருப்பபற்கான காரணம் என்ன வென்பதைக்கவனிக்கலாம். அதன் அணு, அதிக நிறையானது; ஹீலியம் அணுவைவிட நாற்பத்தாறு மடங்கு நிறையதிகமானது. அணுவின் நிறை அதிகமானதால், அதை இயக்குவதற்கான சக்தியினளவும் அதிகமாகும். டங்குஸ்டன் அணுவின் பருமன் சிறியது; அணுக்களிடைக்கவர்ச்சி அதிகம். அதிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள், பக்கவாட்டங்கள், இரண்டிலும் நிகர்த்தொகையானவாறு பரிவர்த்தனமாகவில்லை. ஆதலின் ஒருபக்கம் இட மின்னேற்பாயும் (பாஸிடிவாயும்), மற்றொருபக்கம் மறுமின்னேற்பாயும் (நெகடிவாயும்) உள்ளன. எனவே, அணுக்கள் ஒன்றினொடொன்று வலிமையுடன் கவர்ச்சி யுறுகின்றன. டங்குஸ்டனின் மூலத்துகள்கள் 'அசுர' வகையினவை. ஆகவே, பலகாரணங்களையொட்டி, டங்குஸ்டனின் உருக்கு வெப்பநிலை அதிக வளவாய் உள்ளது. அது, கடுஞ்சூடான போதே யுருகும் பண்புடைத்தானமையின், மின்விளக்குகளினுள் பொருத்தப்படும் துய்மானலிகள் (பிலமண்டுகள்) எனப்படும் மென்கம்பிகள் செய்ய ஏற்றது. கார்பனின் உருக்கு வெப்பநிலை டங்குஸ்டனிதனைவிட அதிகமானது. அது, 3800°C, என மதிப்பிடப்பட்டுள்ளது. ஆயினும் அதன் அணுவின் நிறை அதிக வளவாயில்லாதமையின் (அதன் அணுவின் நிறை ஹீலியத்தினதைவிட மும்மடங்கே யதிகமானது) பொருள் உருகுவதற்கு முன்பே, 1800°C வெப்பநிலையில், கார்பன் அணுக்கள் ஆவியாய்ப்பறந்து விடுகின்றன. ஆதலின், மின்விளக்குகளில் மின்சாரத்தால் சூடேற்றப்பட்டு வெந்தணலாகி ஒளிவீசுதற்கான கம்பிகள் செய்யப்படுவனதற்கென, கார்பனைவிட டங்குஸ்டனே மேலானது.

உலைகள், சூளைகள், முதலானவை அமைக்கப்படற்கென, உருக்கு வெப்பநிலை யதிகமான பொருள்கள் வேண்டப்படுவன. கார்பன் அவ்வாறான பொருளேயாயினும், அது ஆவியாய்ப்பறந்துவிடும் தன்மையினதான தாலும், காற்றுடன் ஐக்கியமாகி கார்பன் மானாக்ஸைடாயாகும் இயலினதானதாலும், அது, உலைகள் முதலானவற்றை அமைக்கத் தகுதியற்ற தாகின்றது. டங்குஸ்டன், அவற்றை அமைப்பதற்கான எல்லாப்பண்புகளும் வாய்த்ததாயினும், அது, பெருவாரியாய்க்கிடைக்காத விலையுயர்ந்த பொருளானமையின், அதைக்கொண்டு உலைகள் முதலியவற்றை அமைத்த லென்பது, நடைமுறையில் நடவாத காரியம். உலைக்களங்களையும் சூளைகளையும் கட்டுவதற்கென, சூளைமண் அல்லது தீக்களிமண் (பயர்கிளே-Fire-clay) எனப்படும் பொருள் பயனாக்கப் படுகின்றது. அம்மண், 1500°C, வெப்பநிலை யாகும்வரை இளகுவதில்லை. உலைகளில், அதைவிட அதிகமான வெப்பநிலை மூட்டப்பட வேண்டு

உலைகள்-சூளையமைப் பொருள்கள்

மாயின், அவற்றின் உட்பரப்பு முழுவதும், மாக்னீஷியம் ஆக்ஸைடும் தாரும் கலந்த சாந்தால் அப்பப்படவேண்டும். சூடுறைப்பதின் நிமித்தம் அவை கார்பனும்மாறி பிறகு கார்பன் எரிந்து ஆவியாய்விடும். உலேயின் மற்ற பகுதிகளில் அதிகமாய்ச் சூடு உறைக்காமலிருப்பதால், அவை இளகாதுள்ளன. உலே, மறுபடியும் மூட்டப்படுவதற்குமுன், அதன் உட்பரப்பு மீது, மீண்டும், அக்கலவைச் சாந்து பூசப்படல்வேண்டும். காற்றகற்றப்பட்டவாறுன மின்சார வுலேகள் (எலக்ட்ரிக் பர்னஸ்கள்-Electric Furnaces) முழுவதும் கார்பனுல் அமைக்கப்படுகின்றன. அவற்றில், முறையே, காற்ருேட்டமில்லாத உட்கூட்டுப்பகுதியில் மின்னேட்டத்தை யொட்டி சூடு பயத்தப்படுகின்றது.

சிலவகை திடப்பொருள்கள் சூடேற்றப்பட்டபோது, திரவமானவாறு உருகுவதில்லே ; அவை, திரவமாகவே யாகாது, ஆவியாய் மாறுகின்றன. அவ்வகைப்பொருளொன்றின் கிராதியடைப்புகள் (லாட்டிஸ்கள்) மூலத்துகள்களின் அதிகப்பட்ட வேகத்தை யொட்டிக்குலேய நேர்ந்தபோது, அவ்வதிக வேகத்தின் பாற்பட்ட சக்தியினுலான வலிமை, திரவ மூலத்துகள்கள் அமையவேண்டியதற்கான கவர்ச்சி வலிமையை விட அதிகவளவாய் ஆய்விடுகின்றது. எனவே, அவை வாயுமூலத்துகளுக்கான வேகத்தை அடைகின்றன. திடப்பொருள், வாயு நிலேமையினதான ஆவியாய் நேரே மாறுகின்றது. முகருப்பு (ஸ்மெல்லிங்கு ஸால்ட்-SmellingSalt) எனப்படும் அம்மோனியம் குளோரைடு-சூடம்-அயோடின்-வெண்மருந்து எனப்படும் ஆர்ஸனிக் ஆக்ஸைட்-என்றவை மேற்கூறிய வாறுன பொருள்கள். அவற்றின் ஆவிகள் குளிர்வுறும் போது முறையே, திடப்பொருள்களாய் இறுகுகின்றன. அவ்வாறு இறுகும் போது, அவை, பளபளப்பாய்மின்னும் படிகமூருவிகளாய்ப்படிகின்றன. திடப்பொருளொன்று, நேரேஆவியாதல், என்பது, 'உத்துங்கமாதல்' (ஸப்ளிமேஷன்-Sublimation) எனப்படும். 'உத்துங்கமாதல்' (ஸப்ளிமேஷன்) என்ற முறையை யொட்டி, மாசுகலந்த பொருளொன்றைத் தூயதாக்கலாம். ஒரு கண்ணுடிச் சட்டியில், மாசுகலந்த அம்மோனியம் குளோரைடை வைத்துவிட்டு, சட்டியைப் பீங்கான் சாணக்கியால் மூடுவோம். அச்சாணக்கியில் கொஞ்சம் தண்ணீரை ஊற்றுவோம், பிறகு அச்சட்டியைச் சூடாக்கினுல், அம்மோனியம் குளோரைட் ஆவியாய் மாறி, மேலே கிளம்பிச்சென்று, சாணக்கியின் அடிப்பரப்பைக்சேர்கின்றது. சாணக்கியில் தண்ணீருள்ளமையின், அது தண்ணீரின் வெப்பநிலேயிலுள்ளது. அதன் அடிப்புறத்தில் ஆவிபடும்போது, அது குளிர்ந்து திடப்பொருளாய்ப்படிகின்றது. அப்படிப்படலாா யமைந்துள்ள அம்மோனியம் குளோரைட் சுத்தமானது.

(உத்துங்கமாதல் (ஸப்ளிமேஷன்))

இன்னுஞ்சிலவகை திடப்பொருள்கள் சூடேற்றப்பட்டபோது உருகவும் உருகா ; உத்துங்கமாகி ஆவியாகவும் ஆகா ; சிதிலமாகிவிடுகின்றன. பாதரஸ

ஆக்ஸைடைச் சூடாக்கினல், அது, பாதரஸம், ஆக்ஸிஜன் என்ற அடிப்பண்டங் களாய்ச் சிதிலப்பிரிவினையாகின்றது. பருத்திநூல், செல்யூலோஸ் மூலத்துகள் களாலானது எனவும், செல்யூலோஸ் நூற்றுக்கணக்கான மூலத்துகள் தொகுதிகளின் கோவை யெனவும் கூறியுள்ளோம்.

சூட்டால் திடப்பொருள் சிதிலமர்தல்

செல்யூலோஸ் உருகும் பொருளன்று; உத்துங்கமாகும் பொருளுமன்று. அதன் மூலத்துகள்கள் பெரிதானவை; அதிக நிறையானவை. மூலத்துகள் இயக்கம் அதிகப்படும்போது, இயக்கச்சக்தியும் அதிகமாகும். மூலத்துகள்களின் கிராதியடைப்புகள் குலையுறுதற்கான இயக்கச்சக்தியளவு மிக அதிகமாயிருக்கவேண்டும். அச்சக்தியை விடக் குறைந்தவளவானதே, மூலத்துகளிலுள்ள அணுக்களைத் தனிவேருனவாறுப் பிரிவினை யாக்கப்போதும். எனவே அணுக்கள் தனிவேருனவாறு மூலத்துகள் சிதிலமாகின்றது. நான்கு சிறு மரத்துண்டுகளை நெடுக்கையில் முறையே, ஒன்றுடனென்றுச்சற்று ஒட்டியிருக்குமாறுப் பொருத்துவோம். அதைப் போன்றே, இன்னும் நான்கு மரத் துண்டுகளைப் பொருத்துவோம். மேசையின் மீது, மரத்துண்டுத் தொடுப்பு ஒன்றைவைத்து, அதன் மீது மற்ருென்றைத் தூக்கிவைப்போம். மேசையைச் சற்று ஆட்டினுலும் மேல்வரிசைச் சாய்ந்துவிழுந்து கீழ் வரிசையின் பக்கத்திலமையும். திடப்பொருள் திரவமாவது அதைப்போன்ற முறையை யொட்டியேயாம். ஒவ்வொரு வரிசையும் ஒவ்வொரு மூலத்துகளை யொத்தது எனக்கொள்வோம். ஒன்றின்மீதொன்ருயிருந்த போதான அமை முறை, திட மூலத்துகள்களின் கிராதியடைப்பு முறையை யொத்தது. இயக்கம் ஏற்பட்டபின், ஒன்றின்மீதொன்ருயிருந்த அமைப்பு குலைவதைப்போல, கிராதியடைப்பு குலைகின்றது. ஆயினும் அவ்வரிசைகள் கிட்டமாகவே யுள்ளன. அவ்வாறே நெருங்கியுள்ள மூலத்துகள்களாலான திரவம், இயக்கவதிகத்தை யொட்டியேற்படுகின்றது. பிறகு, கீழ்வரிசை மேல்வரிசையுடன் சற்று ஒட்டியவாறு, அவற்றைப் பொருத்துவோம். ஒரு வரிசைக்கும் மற்ருென்றுக்குமுள்ள பற்று ஒரே வரிசையிலுள்ள வற்றினிடையே, முறையே, ஆனதைவிடக் குறைத்திருக்குமாறு, அவை பொருத்தப்படுபவன. இப்பொழுது, மேசையைச்சற்று ஆட்டினல், கட்டை வரிசைகள் பொருந்தியவாறே இருப்பன. மேசையைச்சற்று அதிகமாய் ஆட்டினல் மேல்வரிசைக்கீழேவிழுந்து ஓடும். அவ்வாறே, திடப்பொருள் உத்துங்கமாகின்றது. இயக்கச்சக்தி ஓரளவைவிட அதிகமானபோதே கிராதியடைப்பு குலைகின்றது. ஆயினும் அப்படிக்குலையும் போது மூலத்துகள்கள் ஒன்றினின்ருென்று எட்டமாய் ஓடுகின்ற வாயு நிலைமையினவாய் ஆகின்றன. அதன் பிறகு, மேல்வரிசைக்கும் கீழ்வரிசைக்குமான பற்று, கட்டைகளினிடை, முறையே, ஆனவளவானவாறேயிருக்குமாறு அவற்றைப் பொருத்தி மேசை மீது வைப்போம். மேசையைச் சற்று அதிகமாய் ஆட்டினல்கூட அவை பொருந்தியவாறேயுள்ளன. மேசையை நன்ருய் ஆட்டும்போது, மரத்துண்டுகள் எல்லாம்

தனிவேறாகி மூலைக்கொன்றாய் ஓடுகின்றன. (மரத்துண்டுகள், அணுத்தொகுதிப்போன்றவை, எனக்கொள்ளலாம்) அவ்வாறே இயக்கச்சக்தி ஓரளவாகும் வரை திடப்பொருள் குலையாதுள்ளது. அதைவிட இயக்கச்சக்தி அதிகமானவுடன், அது அணுத்தொகுதிகளாய்ச்சிதிலமாகின்றது. பருத்தி நூலைச்சூடாக்கினால், இதுசிதிலமாகின்றது. முதலில் செங்காவி நிறமாகி பிறகு கருகும். அதன் பெரும் மூலத்துகள்கள் வேறு பலவகையான சிறு மூலத்துகள்களாய் ஆகின்றன. அம் மூலத்துகள்களாலான பொருள்கள் புகைநாற்றமானவை. அவை வாயு மூலத்துகள்களானமையின் வெளிக்காற்றில் விரவுகின்றன. பருத்தி நூல் தீயும்போது பயத்தப்படும் புகைநாற்றம், அவற்றாலானதே. வாயுக்களாயாகாமல் எஞ்சும் பொருள், கார்பன். அது கரியாய்த்தங்கி விடுகின்றது. பெரும் மூலத்துகள்களமைப்பான பொருள்கள் தீயும்போது, மேற்கூறப்பட்டவாறு சிதிலமாகின்றன. கம்பளம்-பட்டு-மயிரிலுள்ள கதுப்பு (கெராடின் -**Keratin**)-நகம்-முட்டையின் வெண்கரு-என்றவையும் இன்னும் பலவும் தீயும்போது, கருகி, புகை நாற்றங்கொண்ட வாயுக்களாயும் கார்பனாயும் சிதிலமாகின்றன. அவை உருகமாட்டா; உத்துங்கமாதலுமில.

திரவங்கள் சூடாக்கப்பட்டபோது விரிகின்றன. திரவங்கள், நீளம்-அகலம்-உயரம், என்ற பரிமாணங்களுடனுள்ளவை அன்று. திரவத்தின் பரிமாணம், அதன் பருமனேயாம். ஆதலின், சூடாகும்போது அது விரிகின்றது, எனின், அதன் பருமன் அதிகமாகின்றது என்பதேயாம். ஒரு கன அடிப் பருமனான சாராயத்தை (ஆல்கோஹாலை), 0°C வெப்பநிலையினின்று, 78°C வரை சூடாக்கினால், அதன் பருமன், நூற்றைம்பது கன அங்குலவளவு அதிகமாகின்றது. ஒரு கன அடிப் பருமனான இரும்பை அதேயளவு சூடாக்கினால், அதன் பருமன் 5 கன அங். அளவே அதிகமாகின்றது. சூடேறுவதால் ஒரு பொருளின் பருமன் பெரிதாவதற்கான காரணம், அதன் கோடானுகோடிக்கணக்கான மூலத்துகள்கள் ஒவ்வொன்றும், முறையே, அதிகமாய் இயக்கமாதல், என்பதே, எனவும், அவ்வதிகவியக்கத்தை யொட்டி பயத்தப்படும் விரியலை, மூலத்துகள்களின் பரஸ்பரக் கவர்ச்சி வலிமை எதிர்க்கும் எனவும் நாம் அறிவோம். திடப் பொருளில் அவ்வாறான கவர்ச்சிவலிமை அதிகமானமையின், அவை அதிகமாய் விரிவதில. திரவமூலத்துகள்களின் பாஸ்பரக் கவர்ச்சி வலிமை அவ்வளவு அதிகமானதன்றாதலால், அவை அதிகவளவாய் விரிகின்றன. ஆயினும், இரு பக்கவாட்ட மின்னேற்புகள் சமமாயில்லாதவாறான மூலத்துகள்களிடையே கவர்ச்சி வலிமை அதிகமாயிருப்பதால், அவ்வகை மூலத்துகள்களமைந்த திரவங்கள் அதிகவளவுக்கு விரிவதில. நீர் அவ்வகைத் திரவங்களிலொன்று. ஒரு கன அடிப் பருமனான நீர் 0°C, வெப்ப நிலையினின்று, 78°C வரை சூடாக்கப்பட்டால், அதன் பருமன் நாற்பத்தைந்து கன அங்குலவளவே

திரவங்கள் சூடால் விரிதல்.

அதிகமாகின்றது. அவ்வளவே சூடாக்கப்பட்டபோது, பாதரஸம், இருபத்தைந்து கன அங்குலவளவே அதிகமாகின்றது. மண்ணெண்ணெய், 115 க. அங். சாம்பிராணித் தைலம், 170 க. அங்., திரவங்கள் சூடாகும்போது ஏற்படும் விரிவை யொட்டியவாறு வெப்பநிலை யளவைகள் செய்யப்படுகின்றன. வெப்ப நிலை எவ்வாறு அளவிடப்படுகின்றது என்பதைக் கூருமல், வெப்ப நிலையை யொட்டிய விஷயங்கள் பலவற்றைக் கூறியுள்ளோம். இனி வெப்பநிலை பாற்பட்ட சில விஷயங்களைத் தெளிவாக்கலாம்.

சில பொருள்களைக் கையால் தொட்டுணர்ந்து, அவற்றில் அதிக சூடானது எதுவெனவும், குறைந்த சூடானவை எவையெனவும் நம்மால் அறிய இயலும். அதிக சூடான பொருள் குறைந்த சூடானதை விட அதிக வெப்பநிலையானது, எனப்படும். தண்ணீரைவிட வெந்நீர் அதிக வெப்பநிலையானது, எனவும் பனிக்கட்டி தண்ணீரைவிடக் குறைந்த வெப்பநிலையானது, எனவும் நமது ஊறுணர்ச்சியை யொட்டியே அறியலாம். ஆனல் வெந்நீர் தண்ணீரை விட எவ்வளவு சூடானது என்ருவது, பனிக்கட்டி தண்ணீரைவிட எவ்வளவு குறைந்த வெப்பநிலையானது, என்ருவது நமது ஊறுணர்ச்சியைக்கொண்டு நிலவரப்படுத்தல் இயலாது. வெப்பநிலையை அளவிடுவதற்கென, உபகரணமொன்றை நாடவேண்டியுள்ளது. முதலில் வெப்பநிலையை யொட்டிய அளவைகளுக்கான 'யூனிட்' ஒன்றை நிர்ணயிக்கவேண்டும். அங்குலம் என்ற யூனிட்டை அடிப்படையாய்க்கொண்ட முறையொன்றை யொட்டியும், 'ஸெண்டிமீடர்' என்ற யூனிட்டை அடிப்படையாய்க் கொண்டமுறை மற்ருென்றையொட்டியும், நீட்டலளவைகள் செய்யப்படுகின்றன. நிறுத்தளலவையையொட்டி, குன்றிமணி, க்ரெயின் (Grain), கிராம் (Gram) என்ற அடிப்படை யூனிட்கள் பலவுள.

வெப்ப நிலயளவை.

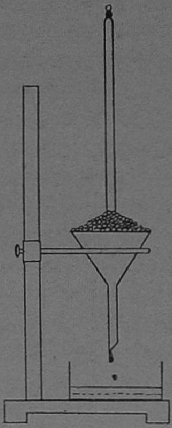
யூனிட் ஒன்று எப்பரிமாணத்தைக் குறிப்பிடவேண்டும், என, எவ்வாறு தீர்மானிக்கப்படுகின்றது என்பதை கவனிப்போம். வியாபார நிமித்தம், சரக்குகளின் பரியாணங்கள் திட்டமாய் அறியப்பட வேண்டியதற்கென, வர்த்தகர்கள், யூனிட் ஒன்று எவ்வளவினதாய் இருக்கவேண்டும் என, ஒப்பந்தஞ் செய்துகொள்கின்றனர். அரசர் ஆணையால் யூனிட்டின் அளவு நிலவரம் செய்யப்பட்டு, அதுவே வழங்கப்பட வேண்டுமென சட்டம் இயற்றப்படுகின்றது. தேரியற் செய்கையோர்கள், எஞ்சினீர்கள், தொழிற் கலைஞர், முதலானேர், தம் பணிகளை யொட்டியவாறு, தாமெல்லோராலும் ஏற்றுக்கொள்ளப்படும் அளவான யூனிட்களை ஏற்படுத்திக்கொள்கின்றனர். இவ்வாறு பல பிரமேயங்களை முன்னிட்டு நிறுவப்படும் யூனிட்கள் நடைமுதலில் அமுலாகின்றன. அவற்றை அடிப்படையாய்க் கொண்டு அளவிடப்பட்டவாறு சாமான்களும் சரக்குகளும் வழங்கப்படுகின்றன. சம்பிரதாய முறையையொட்டி, அந்த யூனிட்கள் எல்லோராலும் ஏற்றுக்கொள்ளப்படுகின்றன. வெப்பநிலையை அளவிடுவதற்கான யூனிட் வகை

கள் பல உள. எல்லாவற்றிலும், இரு வெப்பநிலைகளுக்கான வேற்றுமையளவு, எத்தனை 'தரப்படிகள்' (டிக்ரிகள்–Degrees) ஆனவை, எனக் குறிப்பிடப்படும். ஆனால், 'தரப்படி' (டிக்ரி) ஒன்றின் பரிமாணம், முறைக்கு முறை வேறுபட்ட அளவினது. வெப்ப நிலையை அளவிடும் 'யூனிட்' வகைகளில் இரண்டு முக்கியமானவை; அவை அதிகமாய்ப் புழங்கப்படுபவை. ஒன்று 'சதச்சிரேணி' (ஸெண்டிக்ரேட்-Centigrade) முறை யெனப்படுவது. இதையொட்டியே தெரியற்செய்கை முறையான அளவைகள் செய்யப்படுகின்றன. மற்றொரு முறை, பாரன்ஹீட் (Fahrenheit) எனப்படுவது. இது பிரித்தனிலும், அதைச் சார்ந்த நாடுகளிலும் வழக்கத்திலுள்ள முறை.

இனி, வெப்பநிலையளவிகள் (தெர்மாமீடர்கள்–Thermometers) எங்ஙனம் அமைக்கப்படுகின்றன என்பதைக் கவனிப்போம். சிறு கண்ணாடிக் குமிழி (பல்பு-Bulb) ஒன்றுடன் மெல்லிய கண்ணாடிக் குழாயொன்று தொடர்ந்தவாறு பொருந்தப்படும். அக்குழாய்க்கு, 'தூம்பு' (ஸ்டெம்-Stem) என்று பெயர். குமிழியும் தூம்பும் பாதரஸத்தால் நிரப்பப்பட்ட பிறகு தூம்பின் (ஸ்டெம்மின்) நுனி நன்கு மூடப்படும். கண்ணாடிப் பாத்திரமொன்றில் சிறு சிறு துண்டுகளாய் நொறுக்கப்பட்ட பனிக்கட்டிகள் நிரப்பப்படுவன. அப் பாத்திரத்தில் பனிக்கட்டித் துண்டுகளும், அவற்றில் சில உருகியதாலான தண்ணீரும் இருப்பன. மேலே கூறப்பட்ட குமிழித்தூம்புப் பொருத்தமையின் குமிழியும் தூம்பின் அடிப்பகுதியும், பனிக்கட்டித் துண்டுகளினிடை நுழைந்திருக்குமாறு, அது இருத்தப்படும். அப் பொருத்தமையிலுள்ள பாதரஸம் குளிர்ந்து பருமன் குறைந்ததாகும். ஆதலின் தூம்பினுள் நிற்கிற பாதரஸத்தின் உயரம் குறைந்துவந்து, ஓரளவு உயரத்தில் நிலைப்படும். பனிக்கட்டி உருகிக்கொண்டுள்ள நிலைமையில் அதன் வெப்பநிலை மாறாதுள்ளது, என்பதற்கு இதுவே தக்க சான்றும். வெப்பநிலை மாறினால், பாதரஸத்தின் பருமன் வேறுபட்டு, தூம்பில் அது நிற்கும் உயரமும் வேறுபட்டுக் கொண்டிருக்க வேண்டும். அவ்வாறு, அது, தூம்பினுள் ஏறாதும் இறங்காதும், நிலைத்துள்ளதால், அதன் வெப்பநிலை மாறாதுள்ளது, என, அறிகிறோம். பாதரஸம் நிலைப்பட்டு நிற்கும் மட்டத்திற்கு நேரே தூம்பில் அளவைக் குறியொன்று பொறிக்கப்படும். சதச்சிரேணி (ஸெண்டிக்ரேட்-Centigrade) முறையையொட்டியவாறு, அக்குறியீடு சுட்டும் அளவு, சுன்னத்தரபடி (ஜீரோடிக்ரி-Zerodegree) எனப்படும். அது, 0°ச (C) என்ற எண் குறியீடால் காட்டப்படும். அவ்வெப்பநிலை, சூன்யமானது எனக் கொள்ளப்படுவது, சம்பிரதாய முறையையொட்டியேயாம். அவ்வெப்பநிலையானவுடன், பொருளொன்று, சூட்டியலே யில்லாததாய் ஆய்விடவில்லை. அதன் மூலத்துகள்களின் இயக்கச் சக்தி சுன்னமாய்விடவில்லை. அச் சுன்னத்தரப்படியான வெப்ப நிலையையும் விடக் குறைந்த வெப்பநிலை

வெப்ப நிலையளவிகள் (தேர்மா மீடர்கள்)

யானவாறு, ஒரு பொருளைக் குளிர்வித்தல் இயலும். அதன் வெப்ப நிலை, சுன்னமானதைவிட எத்தனை தரப்படிகள் குறைந்தது, என்றவாறு குறிப்பிடப் படும். அவ்வளவையைச் சுட்டும் எண்ணின் முன், கழித்தலின் குறியீடான '—' என்ற குறியிடப்படும். ஒரு பொருள், சுன்னமானதைவிட பத்து தரப்படிகள் குறைந்த வெப்பநிலையினதானால், அதன் வெப்ப நிலை—10°ச (C) எனக் குறிப் பிடப்படும். பனிக்கட்டியுருகும் வெப்பநிலை, சதச்சிரேணி (ஸென்டிக்ரேட்)

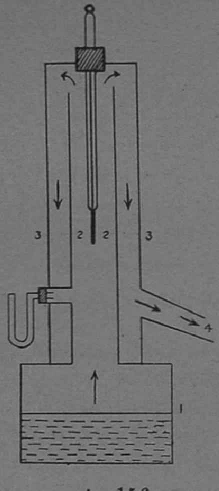


படம்—155

வெப்பநிலையளவியின் பனிக்கட்டியுருகும் குறிப்பிட்டற்கான முறை

முறையையொட்டி 'சுன்னம்' எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றது; அதே வெப்பநிலை பாரன்ஹீட் முறையையொட்டி, 32°பா (F) எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது. பனி யுருகும் வெப்பநிலை, வெப்பநிலையளவையையொட்டிய திண்ணமானக் கூர்மைச் சுட்டல்களில் (பிக்ஸட் பாயிண்டுகளில்-Fixed points) ஒன்று; மற்றொன்று, நீர் கொதித்து ஆவியாகும்போதான வெப்பநிலை அதைச்சுட்டும் அளவைக் குறி, பொருத்தமையின் தூம்பில் பொறிக்கப்பட வேண்டும். அதற்கென, அப் பொருத்தமை, கொதிநீருக்குச் சற்றுமேலே, நீராவி சூழ்ந்தவாறு, தொங்கவிடப் படுகின்றது. அப்போது, தூம்பில் பாதரஸம் ஏறி ஓரளவு உயரத்தில் நிலைப் படும். அவ்விடத்தில் குறி பொறிக்கப்படும். 'சதச்சிரேணி முறையையொட்டி, அவ் வெப்பநிலை, நூறு தரப்படிகளானது (டிக்ரிகளானது) எனப்படும். அதன் அறிகுறி எண், 100° ச (C), என்பது. பாரன்ஹீட் முறையையொட்டி அவ் வெப்பநிலை, 212°பா (F) எனப்படும். சதச்சிரேணி முறையையொட்டி, 0°ச(C) என்ற குறிக்கும், 100° ச (C) என்ற குறிக்கும் இடையில் தூம்பிலுள்ள தூரம், முறையே, நூறு நிகரான இடைவெளிகளாய்ப் பிரிக்கப்பட்டு, அவற்றை

யொட்டிய எண் குறிகளும் பொறிக்கப்படுவன. இரு குறிகளுக்கிடையான தூரம், ஒரு தரப்படியளவைக் குறிக்கும். எனவே, அளவைத்தரப்படிகள் குறிப்பிடப்பட்ட அப்பொருத்தமை, வெப்பநிலையளவியாய் (தெர்மாமீடராய்) ஆகின்றது. அதை வெந்நீரிலிட்டுப் பார்க்கும்போது, தூம்பினுள்ள பாதரஸம், 50°ச (C) என்ற குறியின்வரை ஏறியிருந்தால், அவ்வெந்நீரின் வெப்பநிலை, 50°ச (C) என்ற அளவினது, என, அறிகிறோம். பாரன்ஹீட் முறையை யொட்டி, பனியுருகும் வெப்ப நிலைக்கும் நீர் கொதிக்கும் போதானதற்குமான வெப்பநிலை வேறுபாடு, 212—32 = 180 தரப்படிகள் (டிக்ரிகள்) என்றிருக்கும். அவற்றையொட்டிய எண்குறிகள் அவ்வித வெப்பநிலையளவியின் தூம்பின் மீது பொறிக்கப்படுபவை. பாரன்ஹீட் தரப்படியும், சதச்சிரேணியினதும் ஒரேயளவான வெப்பநிலை வேறுபாட்டைச் சுட்டுபவையன்று. சதச்சிரேணி தரப்படிகள் நூறு, நூற்றெண்பது பாரன்ஹீட் தரப்படிகளுக்கு ஈடானவை. எனவே



படம்—156

வெப்ப நிலையளவியின் நீர் கொதிக்கும் குறிப்பிடப்படற்கான முறை

1. நீர்க்கலம்
2. ஆவிசெல் உட்குழாய்
3. ஆவிசெல் வெளிக்குழாய்

50°ச (C) என்ற வெப்பநிலையான வெந்நீர், $\frac{50 \times 180}{100} + 32 = 112°$ பா (F) ஆனது என பாரன்ஹீட் வெப்பநிலையளவியொன்றால் அளவிடப்படும்.

ஒரு பொருளின் மூலத்துகள்களின் இயக்கச் சக்தியைப் பொருத்தவாறு, அதன் வெப்பநிலை இருக்கும். அவ்வியக்கச் சக்தியையொட்டியான தன்மையே, ஒரு பொருளின் சூட்டியலாம். ஒரு பொருளின் மூலத்துகள்கள் இயக்கமேயில்லாவாயிருப்பின், அப்பொருள் சூட்டியல் அறவேயற்றதாகும். சூட்டியலே யில்லாத பொருள முற்றும் தண்மையானது. அதன் வெப்பநிலையை விடக் குறைந்த வெப்பநிலையென வொன்றில்லை. ஆதலின் அவ் வெப்பநிலையே முடிவான சூன்ய வெப்பநிலை. அது கடைவரை முற்றுச் சுன்னம் (ஆப்ஸலூட் ஜீரோ–Absolute-zero) எனப்படும். அவ் வெப்பநிலை, –273·°14ச(c) என தெரியற்செய்கையோர் கணக்கிட்டுள்ளனர். திடஹீலியத்தின் உருக்குக் கூர்மைச் சுட்டல் (மெல்டிங்கு பாயிண்ட்), –272·°2ச(c), என்றது, எனக் கூறியுள்ளோம். கடைவரை முற்றுச் சுன்ன வெப்பநிலையைவிட, 0·044°ச(c) அளவே அதிகமான வெப்பநிலை செயல்முறையை யொட்டி எய்தப்பட்டுள்ளது. முன்றுச் சுன்ன வெப்பநிலை எய்த வொட்டாதது, என விதி முறையையொட்டி தெரியற் செய்கையோரால் அறியப்பட்டுள்ளது. சிலவகைப் பொருள்களைக் காந்தப்புலம் சூழ்ந்துள்ளபோது, அவற்றின் வெப்பநிலைகள், முறையே, அதிகமாகின்றன. காந்தப்புலம் அமைக்கப்படுவதற்கான மின்னோட்டம் சட்டென நிறுத்தப் பட்டால், காந்தப்புலமும் உடனே இல்லாததாகும். அவ்வாறு திடீரெனக் காந்தப்புலம் மறையும்போது அதனிடையுள்ள பொருளின் வெப்பநிலை, அதற்குள் வைக்கப்படுவதற்கு முன்னிருந்த போதனதை விடக் குறையாய் ஆகின்றது. அவ்வகைப் பொருள்களை –266°ச (c) என்மூன ஹீலியத்திரவத்தில், அவ் வெப்பநிலையாகும்வரைக்குளிர்விக்கலாம். பிறகு, மேற்கூறப்பட்டவாறு, காந்தபுலம் சூழ்ந்தவாறு அவற்றை வைத்து, திடீரெனக் காந்தப் புலமில்லாதவாறு செய்தால், அப் பொருள்களினது வெப்பநிலை இன்னும் குறையும், இம்முறையை யொட்டியே,–273°096 என்று வெப்பநிலை எய்தப்பட்டது.

கடைவரை முற்றுச் சுன்னம் (ஆப்ஸலூட் ஜீரோ)

நாம், மேலே, வெப்பநிலையளவி (தெர்மாமீடர்) அமைக்கப்படும் வழியைப் பற்றிக் கூறியபோது, அதில் பாதரஸம் நிரப்பப்படுகின்றது எனக் குறிப்பிட்டோம். வெப்பநிலையளவியில் (தெர்மாமீடரில்) நிரப்பப்படும் திரவம் பாதரஸமாய்த்தான் இருக்கவேண்டும், என்றில்லை. சாராயம் நிரப்பப்பட்டும், தெர்மாமீடர்கள் செய்யப்படுகின்றன. சாராயம் (ஆல்கோஹால்) பார்வைக்கு எடுப்பாய் இருக்காது. அது, நீரைப்போல் தெளிவாயுள்ள திரவம். எனவே, அது செந்நிறமாக்கப்பட்டு, தெர்மாமீடரில் நிரப்பப்படும். பாதரஸம் பளபளப்பானது. தெர்மாமீடர் தூம்பில் அது எவ்வளவுவரை ஏறியுள்ளது என்பதை நன்கு காணலாம். அதில் நிறமேற்றவேண்டியதில்லை.

பலவித வெப்பநிலையளவிகள்

ஆல்கோஹால், 78°C, ஆனபோது கொதித்து ஆவியாய்விடும். பாதரஸம், 356·07 C வரை, திரவமாயிருக்கும்;—38·08 C ஆனபோது, திடமாய் உறையும். ஆல்கோஹால்—115° C வரை, திரவமாயிருக்கும். எனவே, குளிரான பொருள்களின் வெப்பநிலைகளை அளவிட, ஆல்கோஹால் தெர்மாமீடர் ஏற்றது. பொதுவாக உபயோகிக்கப்படுவதற்கு, பாதரஸத் தெர்மாமீடர் சிறந்தது. தெர்மாமீடர்களின் குமிழிகள் பொதுவாக சிறியவை. அதில் சிறிதளவுத் திரவமே யிருப்பதால், அது வைக்கப்படும் இடத்தின் வெப்பநிலையினதாயாக, அதிகநேரமாவதில்லை. தூம்பின் நடுவிலுள்ள உட்டுளை மிக மெல்லியது. ஆதலின் வெப்பநிலை சிறிதளவு வேறுபடினும் பாதரஸம் தூம்பில் அதிகதூரம் நகரும்; நுட்பவளவான வெப்பநிலை வெறுபாடுகளை அறியலாம். நோயாளியின் உடல் வெப்பநிலை எவ்வளவானது என அறியும் பொருட்டு வைத்தியர்கள் உப

படம்—157

பிணிப்புகறல் வெப்பநிலையளவி
(Clinical Thermometer)

யோகிக்கும் 'பிணிப்புகறல்' வெப்பநிலையளவி (கிளினிகல் தெர்மாமீடர்—Clinical Thermometer) எனப்படுவதின் குமிழி மிகச் சிறிதானது. அரை நிமிஷத்திற்குள் அது நோயாளி உடலின் வெப்பநிலையினதாகும். அதன் தூம்பின் உட்டுளை மயிரிழையளவேயிருக்கும். நம் நாட்டில் புழக்கத்திலுள்ள வகையினதில் பாரன்ஹீட் முறையையொட்டிய தரப்படி (டிக்ரி) அளவுகள் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. 32°பா (F) என்றதிலிருந்து, 212°பா (F) என்ற வரையான தரப்படிகள் குறிக்கப்பட்டிருக்க வேண்டுமாயின், அது மிகவும் நீண்டதாய்விடும். ஆதலின், அதில் 95°பா (F) முதல் 110°பா (F) வரையான அளவுகள் மட்டுமே குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன. அதைக்கொண்டு 0·2° (ஐந்திலொருபங்கு டிக்ரி) வெப்பநிலை வேறுபாட்டளவு நுட்பத்தை அறியலாம். நோயற்ற உடலின் வெப்பநிலை 98.°4 பா (F). அதைவிடக் குறைந்த வெப்பநிலையானால், ஜன்னிபிறக்கும். 95°பா (F) வரை ஜன்னி முற்றுமுன் ஒருவர் சாதாரணமாய் இறந்துவிடுவார். 98.°4 பா (F) என்றதைவிட அதிக வெப்பநிலையானபோது ஜுரம் காண்கின்றது. 110° பா (F) வரை ஜுரம் கடுமையாவதற்கு முன் ஒருவர் மரித்துப் போவார். எனவே, 95°பா(F)முதல் 110°பா(F)வரையான வெப்பநிலையளவுகளை அறிதற்கான தெர்மாமீடர், டாக்டருக்குப் போதுமானது. அத் தெர்மாமீடரில், தூம்பின் உட்டுளை குமிழியுடன் சேரும் இடத்தில் உட்டுளை மிக மெல்லிதாய் முறுக்கி வளைக்கப்பட்டவாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கும். குமிழியிலுள்ள பாதரஸம் விரியும்போது, அது அவ்வளைவைக் கடந்தேறிவிடும், வெப்பநிலை குறை

வதையொட்டி, குமிழியிலுள்ள பாதரஸத்தின் பருமன் குன்றும்போது, வளைவைக் கடந்து சென்ற பாதரஸப்பகுதி, குமிழ்ப் பாதரஸத்துடன் உள்ளிழுபடாதவாறு, அவ்வளவு தடுத்துவிடும். தூம்பிலுள்ள பாதரஸம் அதிலேயே நின்றுவிடுகின்றமையின், நோயாளியின் வாயினின்று தெர்மாமீடரை வெளியேயெடுத்துப்பார்த்து, அவன் உடலின் வெப்பநிலை எவ்வளவானது என அறியலாம். அவ்வளவு இல்லாவிடின், தெர்மாமீடர் நோயாளியின் நாக்கினடியில் உள்ளபோதே, அது காட்டும் அளவையைக் காணவேண்டியிருக்கும். சிறந்த வகையான பாதரஸத் தெர்மாமீட்டர்களைக்கொண்டு, ஆயிரத்திலொருபங்கு தரப்படி (டிக்ரி)யளவு நுட்பமான வெப்பநிலை வேறுபாடுகளை அறியலாம். சூடு-குளிர் என்ற உணர்ச்சிகள் திட்பமான ஒருவர், ஒரு தரப்படியளவான வெப்பநிலை வேறுபாட்டை உணரலாம்.

உயர்ந்த வெப்பநிலைகளை அளவிடும் வழி.

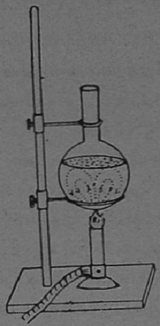
பாதரஸம்,–38.°8 C, என்ற வெப்பநிலையில் உறையும்எனவும், அது கொதித்து ஆவியாகும் வெப்பநிலை, 356.°7 C, எனவும் கூறியுள்ளோம். எனவே, அவ்வெல்லைகளுக்குள்ளேயே, அது பயன்படுவது–115°C வரை, ஆல்கோஹால் தெர்மாமீடர்களை உபயோகிக்கலாம். அதைவிடக் குறைந்த வெப்பநிலைகளும் 350°C, என்றதைவிட அதிகமானவைய்யும் எவ்வாறு அளவிடப்படுகின்றன என்பதைக் கூறலாம். 350°C, என்றதற்கு அதிகமான வெப்பநிலைகள் எவ்வாறு அளவிடப்படுகின்றன எனக் கவனிப்போம் பிளாடினத்தின் மின்னெதிர் முட்டுத்தரம் (எலக்ட்ரிகல் ரெஸிஸ்டிவிடி) வெப்பநிலையையொட்டி வேறுபடுவது. வெப்பநிலை ஒரு டிக்ரி அதிகமானபோது, ஓரளவான பிளாடினக் கம்பியின் மின்னெதிர் முட்டுத் தரம் எவ்வளவு அதிகமாகும் என, அளவை செய்யப்படும். அக் கம்பி சிறு சுருளாய் வளைக்கப்பட்டு, பீங்கான் குமிழியொன்றினுள் வைக்கப்படும். அச் சுருள் கம்பியின் நுனிகளுடன் வேறு இரண்டு கம்பிகளின் நுனிகள், முறையே பற்றுவைக்கப்படுவன. அக் கம்பிகளின் மற்ற நுனிகள், முறையே, மின்னெதிர் முட்டுத்தரம் அளவிடப்படும் கருவியில் இணைக்கப்படுவன. வெப்ப நிலை அளவிடப்படவேண்டிய இடத்தில் குமிழி வைக்கப்படும். அதிலுள்ள சுருளும் அவ்விடத்து வெப்பநிலையினதாகும். அச்சுருளின் எதிர் முட்டுத்தரம் அளவிடப்படும். பிறகு 0°C, வெப்ப நிலைகளில் அச்சுருளின் மின்னெதிர் முட்டுத்தரம் அளவிடப்படும். அவ்விரு வெப்பநிலைகளில், கம்பிச் சுருளின் மின்னெதிர் முரட்டுத்தரங்கள் முறையே, எவ்வளவானவை, எனவும், ஒரு டிக்ரி வெப்பநிலை வேறுபாட்டை யொட்டி எதிர் முட்டுத்தரம் எவ்வளவு வேறுபடும், எனவும், அறியப்படுவதால், அவ் வெப்பநிலை வேறுபாடு எவ்வளவினது, எனக் கணக்கிடலாம். மின்னெதிர் முட்டுத்தர வெப்பநிலை யளவிகளை (ரெஸிஸ்டன்ஸ் தெர்மாமீடர்களை) க் கொண்டு,–190°C

முதல் 1200° வரையான வெப்பநிலைகளை அளவிடலாம்.–260°C, முதல்–190°C வரையான வெப்பநிலைகளை, ஈயக் கம்பியைக்கொண்டு அல்லது தங்கக்கம்பியைக் கொண்டு. அமைக்கப்பட்ட மின்னெதிர் முட்டுத்தரவியலான தெர்மாமீடர்களைக் கொண்டு அளவிடலாம். 1200°C என்றதுக்கும் அதிக வெப்பநிலையிலுள்ள பொருள் வெந்தணலினதாகி, ஒளிவீசும். ஒளியினளவையொட்டியவாறு அவற்றின் வெப்பநிலைகள், முறையே, கணக்கிடப்படுவன. 0°C என்றதைவிட உயர்ந்த வெப்பநிலைகளையளவிடும்போது, வெப்பநிலை உயர, உயர, முறையே, அளவையின் திருத்தமும் குறைந்துகொண்டுபோகும். ஸோடியம் ஸல்பேட்டின் உருக்குக் கூர்மைச் சுட்டல் வெப்பநிலை, 32.°383C என்றதுக்கும் 32.°384 என்றதுக்கும் இடைப்பட்டது என அளவிடப்பட்டுள்ளது. எனவே, அதை அளவிடும்போது, ·001/°C பிழை இருக்கலாம். இது, $\frac{\cdot 001}{32\cdot 383}=\frac{1}{32383}$,, அதாவது, லக்ஷத்தில் மூன்று பங்கு (·003%) என்ற பிழையாகும். இதைவிடத் திருத்தமாய் வெப்பநிலையை அளவிட, இதுகாறும் இயலாதுள்ளது. கந்தகத்தின் உருக்கு வெப்பநிலை, 444·54°Cக்கும் 444·50°Cக்கும் இடைப்பட்டது, எனவே, அளவிடப்பட்டுள்ளது. இதில் ஏற்படும் பிழை 444·5 என்றதில் ·04 என்றதாம். அதாவது, $\frac{\cdot 04}{444\cdot 5}=\frac{1}{11112.5}$ அல்லது பதினோராயிரத்திலொருபங்கு (·009%) என்றது. பொன்னின் உருக்கு வெப்பநிலை, 1061·°6 C—1062·°2 C இடைப்பட்டது; பிழை, $\frac{\cdot 6}{1062}=\frac{6}{10620}$ பதினாயிரத்திலாறுபங்கு (·06%) டங்குஸ்டனின் உருக்கு வெப்பநிலை, 3340°C—3400°C, இடையானது. பிழை $\frac{60}{3400}=\frac{18}{1000}$, ஆயிரத்தில் பதினெட்டுபங்கு (1·8%) ஆனது.

வெப்பநிலை அதிகமாவதால், திரவமொன்றின் பருமன் அதிகமாகும்போது அதன் நிறை அப்படியேயுள்ளது. எனவே, அதன் 'செறிவு' குறைகின்றது. சூடான திரவத்தின் செறிவு, குளிர்ந்த திரவத்தினதைவிடக் குறைந்திருக்கும். 15°C வெப்பநிலையில், ஒரு கன அடி நீரின் நிறை $62\frac{1}{2}$ பவுண்டுகள்; அதே பருமனை கொதிநீரின் நிறை $59\frac{3}{4}$ பவுண்டுகள். எனவே, செறிவு, $1:\frac{59\frac{3}{4}}{62\frac{1}{2}}=1:\frac{956}{1000}=1000:956$ என்ற வீதமாய்க் குறைகின்றது. வேறளவுச் செறிவான இரு திரவங்களை ஒரு பாத்திரத்தில் ஊற்றினால், செறிவு குறைந்த திரவம் செறிவு அதிகமானதின் மீது மிதந்து நிற்கும், என, அறிவோம். அம்முறையையொட்டி, கொதி நீர் தண்ணீரின் மீது மிதந்து நிற்பதைக் காணலாம். ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் அரைவாசிக்கு தண்ணீர் நிரப்புவோம். அதன் மேற்பரப்பில் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும்படி, ஒரு சிறு கரண்டியை வைப்போம்.

கரண்டி நிறையக் கொதிநீரை ஊற்றுவோம். பிறகு, அக்கரண்டியை மெதுவாய் எடுத்துவிடுவோம். கொதி நீர் தண்ணீரின் மீது மிதந்து நிற்கும். மத்தியான நேரத்தில், குளத்தில் குளித்துக்கொண்டுள்ளபோது, நீரின் மேற்பகுதி வெப்பமாகவும், நீரினுள் மூழ்கும்போது, அதன் உட்பகுதி குளிர்ந்தும் இருப்பதை நாமெல்லோரும் கவனித்திருக்கிறோம். ஒரு பாத்திரத்தில் நீரையூற்றி அதைச் சூடாக்கும்போது, சூடு உறைத்து கீழ்ப்பகுதியிலுள்ள நீரின் செறிவு குறைகின்றது; அது மேலே எழும்புகின்றது. அது விழுந்த இடத்திற்கு மேலிருந்து குளிர்ந்த நீர் இறங்கும். இறங்கிய நீர் சூடாகி மேலே எழும்பும். ஆங்கு மேலிருந்து நீர் இறங்கும். இவ்வாறே தொடர்ந்து

எக்கலிவர்ச்சி
(கன்வெக்ஷன்)



படம்—158

திரவத்தில் எக்கலிவர்ச்சி சுற்றோட்டம்
(Convection Currents in Liquids)

நடைபெறுவதால், நீரின் முழுமையிலும் வெப்பநிலை அதிகரித்துவரும். நீர்ப் பகுதிகளின் சுற்றோட்டத்தையொட்டி, அது சூடாக்கப்படுகிறன்து. இவ்வாறு சூடு இகைக்கப்படுவதற்கு, 'எக்கலிவர்ச்சி' (கன்வெக்ஷன்-Convection) என்றுபெயர். எக்கலிவர்ச்சி ஓட்டக்கால்கள் (கன்வெக்ஷன் கர்ரெண்டுகள்-**Convection currents**) ஏற்படாவிடின், நீர் முதலிய திரவங்களைச் சுடவைப்பது கஷ்டமாகும். அவ்வோட்டக்கால்கள் அமையாவிடின், பாத்திரத்திலுள்ள நீரின் கீழ்ப்பகுதி சூடாகி, ஆங்கேயிருக்கும். திரவங்கள், சூடு கடத்துத்தரம் குறைந்தவை. எனவே, கீழ்ப்பகுதியினின்று மேற்பகுதிக்கு சொற்பமான சூடே இகைக்கப்படும். அடிப்பகுதியின் வெப்ப நிலை அதிகமாகி வந்து, அது கொதிக்கும்; மேற்பகுதி நீர் குளிர்ந்தவாறாகவே இருக்கும். குறித்த நிறையான நீரின் பருமனைவிட, அதே நிறையான நீராவியின் பருமன் ஆயிரத்தெழுநூறு மடங்கு பெரிதானது. அடிப்பகுதியிலுள்ள நீர் கொதித்து நீராவியாய் ஆகும்

போது, அது பரவ, விரிவிடம் வேண்டப்படும். ஆதலின் மேற்பகுதியிலுள்ள நீர் மிகுந்த வலிமையுடன் மேல்நோக்கிக் கிளப்பப்படும்; உந்தப்பட்ட அந்நீர் வேகமாய் வீசியெறியப்படும். கொதிகலம், நீராவியின் அமுக்கவலிமையைப் பொறுக்கமுடியாததாகி, வெடித்துவிடலாம். இவ்வகை விபத்துகள் நேரிடாமல், காப்பவை, எக்கலிவர்ச்சி ஒட்டக்கால்களே.

வெப்பநிலை வேறுபாடுகளால் நீரின் செறிவில், எற்படும் மாற்றங்கள் விந்தையானவை. ஒரு குறித்த நிறையான நீரின் பருமன் 0°C வெப்பநிலையிலிருந்து 100°C வரை, எவ்வாறு வேறுபடுகின்றது என்பதைக் கவனிக்கலாம். 0°C முதல் 4°C வரை, வெப்பநிலை அதிகமாக, ஆக, முறையே, பருமன் குறைந்துவரும். வெப்பநிலை ஒரு டிக்ரி அதிகமாவதற்கு, பருமன் $\frac{3}{1,00,000}$ பங்கான வீதத்தில் குறைகின்றது. வெப்பநிலை, 4°C. என்றதைவிட அதிகமாகும்போது, பருமனும் அதிகமாகும். ஆயினும், 4°C முதல் 100°C வரை, ஒரே சீரானவீதமாய் பருமன் அதிகமாவதில்லை. 4°C வரை, அவ்வீதம், லக்ஷத்தில் ஐந்து பங்கானது; 10°C முதல் 20°C வரை, அது, லக்ஷத்தில் பதினேழுபங்கானது; 20°C முதல் 40°C வரை, லக்ஷத்தில் முப்பது பங்கானது; 40°C முதல் 60°C வரை, லக்ஷத்தில் நாற்பத்து நான்கு பங்கானது; 60°C முதல் 80°C வரை, லக்ஷத்தில் ஐம்பத்தொன்பது பங்கானது; 80°C முதல் 100°C வரை, லக்ஷத்தில் எழுபத்தைந்து பங்கானது. கொதி வெப்பநிலையில், நீர் மூலத்துகள்கள் தனித்தனியானவாறு உள்ளன. வெப்பநிலை குறையும்போது, சற்றுப் பிணைந்த ஜதைகளாய் அம் மூலத்துகள்கள் அமைகின்றன. ஒரெண்ணிக்கையான வஸ்துக்களை, ஜதை ஜதையான உருப்படிகளாய் அமைக்கவேண்டியதற்கான இடம், அவற்றையே தனித்தனியானவையாய் அமைக்கவேண்டியதற்கான இடத்தைவிட விசாலமாயிருக்கவேண்டும். எட்டெட்டு வாழைக்காய்களைக்கொண்ட சீப்புகள் பலவற்றை, சீப்பு சீப்பாகவே அடுக்குவதற்குத் தேவையான கூடை, சீப்புகளினின்று பிய்க்கப்பட்டு தனித்தனியானவாறு, அவ்வாழைக்காய்களையே குவித்து வைப்பதற்கான கூடையைவிடப் பெரிதாயிருக்கவேண்டும், என, எல்லோரும் அறிவர். அவ்வாறே, மூலத்துகள் ஜதைகள் அமைக்கப்படற்கான இடம் அவ்வெண்ணிக்கையேயான தனி மூலத்துகள்கள் அமைக்கப்படுவதற்கான இடத்தைவிடப் பெரிதாய் இருக்க வேண்டும். எனவே, கொதி நிலைமையிலானதைவிட வெப்ப நிலை குன்றும் போது, நீர் மூலத்துகள்கள் அமையவேண்டியதற்கான இடம் அதிகமாகின்றது. ஆயினும், வெப்பநிலை குறைவதையொட்டி, மூலத்துகள்களின் இயக்க வேகம் குறைவதால், கவர்ச்சி வலிமை அதிகப்பட்டு, அவை ஒன்றையொன்று அதிகமாய் நெருங்குகின்றன. அதனால் அவை அமையவேண்டியதற்கான இடம் சிறிதாகும். வெப்பநிலை 100°C என்றதுக்கும், 80°C என்றதுக்கும் இடையான

வெப்பநிலை வேறுபாட்டையொட்டி நீரின் பருமனில் ஏற்படும் வேறுபாடுகள்

போது, இம்முறையையொட்டிய பருமன் குன்றலினளவு, ஜதை அமைப்பு ஏற்படுவதையொட்டியான பருமன் விரிவைவிட அதிகமாயுள்ளமையின், வெப்பநிலை குறையக் குறைய, நீரின் பருமனும், முறையே, குறைந்துவருகின்றது. ஆயினும் பருமன் குன்றலின் வீதவளவு, பருமன் விரிதலின் வீதவளவைவிடக் குறைந்துகொண்டுவரும். ஆதலின் ஒரு டிக்ரியளவு வெப்பநிலை வேறுபாட்டையொட்டி யேற்படும் பருமன் வேறுபாட்டினளவு குறைந்துகொண்டுவரும். அதாவது தரப்படிக்கு தரப்படிக்கு ஏற்படும் பருமன் குன்றலினளவு, குறைந்துகொண்டேவரும். வெப்பநிலை, 80°C என்றானபோது இரட்டை மூலத்துகள்கள் சில பிரிந்து, பின், மூன்று மூன்று மூலத்துகளாலன மூவைகளாய்க் கோத்துக்கொள்கின்றன. எனவே, ஜதையமைப்பை யொட்டியான பருமன் விரிவைவிட அதிகவளவான விரிவு ஏற்படும். பருமன் குன்றலினளவு இன்னும் குறைகின்றது. ஒரு தரப்படிக்கு (டிக்ரிக்கு) ஏற்படும் பருமன் குன்றலினளவு குறைந்தபோதிலும், விரிவினளவு குன்றலினளவைவிட அதிகமாகாதுள்ளது ஆதலின் வெப்பநிலைத் தாழ்தலையொட்டி, பருமன் குறைந்துகொண்டே வருகின்றது. வெப்பநிலை தாழத்தாழ, முறையே, மூவைகளின் தொகை அதிகமாகி வருகின்றது. ஆதலின் விரிவையொட்டிய விளைப்பாடு (எபக்ட்) அதிகமாய்க் கொண்டும், குன்றலையொட்டிய விளைப்பாடு (எபக்ட்) குறைந்துகொண்டும் வருகின்றன. ஆயினும் 4°C என்ற வெப்பநிலைவரை, குன்றலையொட்டிய விளைப்பாட்டின் (எபக்டின்) அளவு, விரிவையொட்டிய விளைப்பாட்டின் அளவைவிட அதிகமாகவேயுள்ளது. ஆதலின் வெப்பநிலை குறையக்குறைய பருமன் குன்றியே வருகின்றது, ஒரு தரப்படிக்கான பருமன் வேறுபாட்டினளவு என்ற வீதம் மட்டும், முறையே, குறைந்தவளவாய்க் கொண்டுவருகின்றது. 4°C என்ற வெப்பநிலையில் அவ்வீதம் சூன்யமாகின்றது. 4·°C என்றதைவிட வெப்பநிலைத் தாழும்போது, மூவைகள் அமைதலையொட்டியான விரிவளவு, மூலத்துகள்களின் கவர்ச்சி அதிகமாவதை யொட்டியான குறுகலினதைவிட அதிகமாகின்றது. அதன் பிறகு வெப்பநிலை குறையக்குறைய பருமன், முறையே அதிகமாகிவருகின்றது. 0°C என்ற வெப்பநிலையில், நீர் பனிக்கட்டியாய் உறையும்போது, நீர் மூலத்துகள்கள் எல்லாம் மூவைக் கோவைகளாகின்றமையின், பனிக்கட்டியின் பருமன், அதே நிறையான நீரின் பருமனைவிட அதிகமாயுள்ளது. அதாவது பனிக்கட்டியின் செறிவு நீரினதைவிடக் குறைந்தது. பனிக்கட்டி நீரில் மிதக்கும். 0°C முதல் 4°C வரை, வெப்பநிலை தாழத் தாழ, முறையே, நீரின் பருமன் அதிகமாகிவரும் என்ற பண்பையும், பனிக்கட்டி நீரில் மிதக்கும் என்ற தன்மையையும் யொட்டியான நலங்கள் பல. அந்நலங்கள், எவை எனக் கூறலாம். சீதளப்பிரதேசங்களிலுள்ள நீர் நிலைகளும், கடல்களும், ஆறுகளும், குளிர்காலமானபோது, உறைபனியால் மூடப்படுகின்றன. மேலே கூறப்பட்டவாறான நீரின்பான்மையையொட்டி, நீரின் மேற்பரப்பின் மீது, முதலில் உறைபனிப் படலம் அமைகின்றது. வெப்பநிலை 4°C என்றான

வரை குறைந்துகொண்டு வரும்போது, மேற்பரப்பு நீர் குளிர்ந்து, அடியில் போய்க்கொண்டிருக்கும்; அடியிலிருந்து நீர் மேலே வந்துகொண்டிருக்கும். நீர் நிலையொன்றிலுள்ள நீரெல்லாம் 4°C வெப்பநிலையினதாகும். வெப்பநிலை அதை விடத் தாழும்போது, மேற்பரப்பு நீரின் செறிவு அதன் கீழுள்ளவற்றைவிடக் குறைந்துகொண்டே வருகின்றமையின், அந்நீர் கீழேயிறங்காமல் மேலேயே யிருக்கும். வெப்பநிலை 0°C எய்தியவுடன், மேற்பரப்பு நீர் பனியாய் உறையும். பனிக்கட்டி நீரைவிடச் செறிவு குறைந்த பொருளானமையின், அது நீரில் அமிழ்ந்துவிடாமல், மிதக்கும். மேற்பரப்பில் உறைபனிப்படலம் அமையும். குளிர் இன்னும் அதிகமானால், உறைபனிப்படலம் வரவரத் தடிப்பாகிக்கொண்டு வரும். மேலிருந்து கீழான வாட்டத்தில் நீர் உறைந்துகொண்டுபோகும். நீரின் ஆழமான பகுதிகளில் வதிகின்ற மீன்கள் முதலான ஜந்துக்கள் உறைபனிப் படலத்திற்குள் அகப்பட்டுக்கொள்ளாமல், உய்கின்றன. மேற்கூறப்பட்ட பண்பு கள் வாய்க்காததாய் நீரிருப்பின், அதன் பருமன் 0°C வரை குறைந்து கொண்டேவரும். அதுவரை மேலிருந்து நீர் கீழிறங்கிக்கொண்டிருக்கும்; கீழி ருந்து நீர் மேலே வந்துகொண்டிருக்கும். எல்லா நீரும் 0°C வரை குளிரும். அவ்வெப்பநிலையானவுடன், திடீரென நீரெல்லாம் பனியாய் உறைந்துவிடும்; அதிலிருந்த பயிர்களும் பிராணிகளும் பனியிடை சிக்கிக்கொண்டு மாண்டு போகலாம்.

திரவங்கள் சூடேற்றப்படும்போது பயத்தப்படும் பருமன் வேறுபாடுகளைப் பற்றிக் கூறினோம். சூட்டினால் திரவங்களில் எற்படும் மற்றொரு விளைப்பாட் டைக் கவனிக்கலாம். சூடாகும்போது, அவை ஆவியாய் ஆகின்றன. ஒரு

ஆவியாதல்

கிண்ணத்தில் பெட்ரோலையூற்றி, அதைக் காற்றுத் திறப்பாய் விட்டுவைத்தால் சிலமணி நேரத்திற்குள் அது ஆவியாகிக் காற்றில் மறைந்து போய்விடும். அவ்வாறே நீரை விட்டுவைத்தால், அதுவும் சில நாட்களில் ஆவியாய்ப் போய் விடும். கிண்ணத்தில் ஆமணக்கெண்ணெயை விட்டுவைத்தால், அது, பல ஆண்டுகளுக்குப் பிறகுகூட அப்படியேயிருக்கும். திரவங்கள் எல்லாம் ஒரேயள வான மூலத்துகள் இயக்கத்துடனுள்ளவை அன்று. சில திரவங்களின் மூலத்து கள்கள் வேகமாகவும், மற்ற சிலவற்றினவை மெதுவாகவும், அசைந்துகொண் டிருக்கலாம். திரவத்தின் மேற்பரப்பிலுள்ள மூலத்துகள்கள் தம் கீழுள்ளவற் றின் கவர்ச்சிக்குட்பட்டவை. வேகம் அதிகமாயில்லாத மூலத்துக்கள்கள் கவர்ச்சியுற்றபோது, அவை, மீறிக்கொண்டு தப்பிச் செல்ல முடியாமல், மேற் பரப்பிலேயே தங்கிவிடுகின்றன; வேகம் அதிகமான மூலத்துகள்கள் கவர்ச்சியை மீறித் தப்பித்துக்கொண்டு வெளியேறுகின்றன. அவ்வாறு செல்பவை, ஆவி நிலைமையை எய்தியவை. இவ்வாறு ஒரு திரவத்திலுள்ள வேகமதிகமான மூலத்து கள்கள் ஆவியால் அதைவிட்டு நீங்கிச் சென்றுவிடுகின்றன. எனவே திரவத்தில்

ஒரு பகுதி ஆவியாகும்போது, அத் திரவம் தனது வேகமிகுதியான மூலத்துகள்களை இழந்துவிடுகின்றது. வேகமிகுதியான மூலத்துகள்கள் சூட்டியல்மிக்கவை. சூட்டியல் மிக்க மூலத்துகள்களை இழந்த திரவத்தின் சூட்டியல் குறைகின்றது. அதாவது, அதன் வெப்பநிலை தாழ்கின்றது; அது குளிர்ந்துபோகின்றது. ஒரு திரவத்தைச் சூடாக்கும்போது, அதன் மூலத்துகளின் வேகம் அதிகமாகின்றது. கவர்ச்சி வலிமையினளவு மாறாதுள்ளது. கவர்ச்சி வலிமையை மீறிக்கொண்டு செல்லக்கூடிய மூலத்துகள்களின் எண்ணிக்கை அதிகமாகின்றது. திரவம், விரைவாய் ஆவியாக்கப்படுகின்றது. காற்றுத் திறப்பா யில்லாமல், மேல் மூடியால் கவியப்பட்டுள்ள திரவத்தைக் கவனிக்கலாம். திரவத்தின் மேற்பரப்பினின்று வெளியேறும் மூலத்துகள்கள் அதிக தூரம் சென்றுவிடாதபடி மேல் மூடி தடுத்துவிடும். அவற்றில் சில திரவமேற்பரப்பின் மேலுள்ள இடத்தில் அலைந்துகொண்டுள்ளபோது, பரப்பின் அருகில் மீண்டும் வரநேரிடலாம். அப்போது அவை கவர்ச்சியுற்று மேற்பரப்பு மூலத்துகள்களுடன் சேர்ந்துவிடலாம். இவ்வாறு சில மூலத்துகள்கள் மீண்டும் திரவத்துடன் சேரவிருக்க, வேறு சில மூலத்துகள்கள் ஆவி நிலைமையெய்தி திரவத்தினின்று வெளியேறிக்கொண்டிருப்பன. தொடக்கத்தில் வெளியேறும் மூவத்துகள்களின் எண்ணிக்கை, மீண்டும் வந்து சேர்கின்றவற்றினதைவிட அதிகமாயிருக்கும். அப்போது திரவ நிலைமையிலுள்ள பொருளின் நிறை, முறையே குறைந்துவரும். பிறகு, ஒரு ஸெகண்டில், முறையே, திரவத்தினின்று வெளியே செல்லும் மூலத்துகளின் எண்ணிக்கையும், மீண்டும் வந்தடைகின்றவற்றினதும் நிகராய்விடுவன. அந்நிலைமை யேற்பட்ட பிறகு, திரவ நிலையிலுள்ள பொருளின் நிறை குறையாதிருக்கும். எனவே, அதுவரை 'ஆவியாதல்' (எவாபரேஷன்–**Evaporation**) என்ற நிகழ்ச்சி நடைபெறும் எனலாம்.

திரவங்கள் ஆவியாதும் தன்மையில் வேறுபடல்

ஒரே வெப்பநிலையினவான எல்லாவகை மூலத்துகள்களும் ஒரேயளவான இயக்கச் சக்தியுடனுள்ளவை. அப்படியிருந்தும், சிலவகைத் திரவங்கள் சுலபமாய் ஆவியாய்விடுகின்றன; சில எளிதில் ஆவியாவதில்லை. இவ்வாறான வேற்றுமைக்கான காரணம் என்ன என்பதைக் கவனிக்கலாம். மூலத்துகளின் இயக்கச்சக்தி, அதன் நிறையையும் வேகத்தையும் பொருத்தது. மூலத்துகளின் நிறை அதிகயாயில்லாவிடின், வேகம் அதிகமாயிருக்கும். வேகமதிகமான மூலத்துகள் மீளாதவாறு திரவத்தினின்று தப்பியோடல் எளிது. மூலத்துகள்களின் பரப்புக் கவர்ச்சிவலிமை குறைந்துள்ள திரவத்தின் மூலத்துகள்கள் ஆவியாய் வெளியேறல், எளிது. மூலத்துகள்களின் பரஸ்பரக் கவர்ச்சிவலிமை குறையளவான திரவத்தின் மூலத்துகள்கள் சுலபமாய் ஆவியாகக்கூடியவை. மேற்கூறப்பட்ட பான்மைகள் வெவ்வேறு வகை மூலத்துகள்களில், முறையே, வெவ்வேறளவினவாயுள்ளமையின், சில திரவங்கள்

எளிதில் ஆவியாகின்றன ; மற்ற சில எளிதில் ஆவியாகாதுள்ளன. ஹைட்ரஜன் மூலத்துகளின் நிறை சொற்பமானது. அதன் வேகம் அதிகமானது, திரவ ஹைட்ரஜன்,–252·8°C, என்ற வெப்பநிலையில் கொதித்து ஆவியாகின்றது. அம் மூலத்துகளைவிடப் பதின்மூன்று மடங்கு அதிக நிறையினவானவற்றாலான திரவ அவிடிலீன்,–82·4°C, என்ற வெப்பநிலையில் கொதித்து ஆவியாகின்றது. ஹைட்ரஜன் மூலத்துகளைவிட முப்பத்தொன்பதுமடங்கு அதிக நிறையான மூலத்துகள்களைக் கொண்ட சாம்பிராணித் தைலம் (பென்ஜீன்), 81°C, வெப்ப நிலையில் கொதிக்கின்றது. ஹைட்ரஜன் மூலத்துகளைவிட அறுபத்தெட்டு மடங்கு அதிக நிறையினவற்றாலமைந்த கற்பூரத் தைலம் (டர்பண்டைன்), 156°C வெப்பநிலையில் கொதிக்கும். ஹைட்ரஜனைவிட ஒன்பது மடங்கு அதிகமான மூலத்துகள் நிலையினதான நீரின் கொதிவெப்பநிலை 100°C. ஹைட்ரஜன் மூலத்துகளினதைவிடப் பதின்மூன்றரை மடங்கு அதிக நிறையான மூலத்துகள்களைக் கொண்ட ஆல்யூமினிய உருக்குத்திரவம் 800°C, என்ற வெப்பநிலையில் கொதித்து ஆவியாகின்றது. நீர் மூலத்துகள்களின் பரஸ்பரக் கவர்ச்சிவலிமையும், அல்யூமினியம் மூலத்துகள்களின் கவர்ச்சிவலிமையும், முறையே, அதிகமானவையாதலால், அவற்றின் மூலத்துகள் நிறைகள் அதிகமாயில்லாவிடினும், அவற்றின் கொதிவெப்பநிலைகள், முறையே உயர்ந்துள்ளன. மூலத்துகள் நிறைகள், 16,17,18, என முறையேயான மீதேன், அம்மோனியா, நீர் என்ற மூன்று பொருள்களை ஒப்பிட்டுப் பார்க்கலாம். திரவமொன்று ஆவியாக மாறுவதற்கானமுறை மூலத்துகள் வேகமொன்றை மட்டுமே பொருத்தவாறனதாயின், அம் மூன்று திரவங்களின் கொதி வெப்பநிலைகளும், முறையே, கிட்டத்தட்ட ஒரேயளவாயிருக்கவேண்டும். ஆனல், அவை அவ்வாறில்லை. எவ்வாறுள்ளனவெனக் கவனிக்கலாம். மீதேன் மூலத்துகள்கள் சமச்சீரான (ஸிம்மட்ரிகலான) எலக்ட்ரான் பொருத்தமுள்ளவை. எனவே, அவற்றின் பரஸ்பரக் கவர்ச்சிவலிமை குறைந்தவளவானது. அதன் கொதிவரும் வெப்பநிலை 164°C. அம்மோனியா மூலத்துகளின் ஒரு பக்கவாட்டத்துள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையை மற்றொன்றினதைவிட இரண்டு அதிகமானது. எனவே அது, ஒருபக்கம் இடமின்னேற்பானதாயும், மற்றொரு பக்கம் மறுமின்னேற்பானதாயும், உள்ளது. அதனல், அம் மூலத்துகள்களின் பரஸ்பரக் கவர்ச்சி வலிமை அதிகமானது. அம்மோனியாவின் கொதி வெப்பநிலை,–33·5°C. நீர் மூலத்துகள் ஒருபக்கம் நான்கு எலக்ட்ரான்கள் அதிகமானதையொட்டி மறு மின்னேற்பானதாயும், மற்றொரு பக்கம் நான்கு எலக்ட்ரான்கள் குறைந்ததை யொட்டி இட மின்னேற்பானதாயும் உள்ளது. அம் மூலத்துகளின் பரஸ்பரக் கவர்ச்சி வலிமை மேலும் அதிகமானது. நீரின் கொதி வெப்பநிலை 100°C.

'ஆவியாதல்' என்ற நிலையொட்டியே ஈரத்துணிகள் உலர்கின்றன. வெப்ப நிலை உயர்ந்தால் மூலத்துகள் வேகம் அதிகமாகின்றது. திரவம் விரைவில்

ஆவியாய் ஆகும். நல்ல காற்றேட்டமிருந்தால் ஆவியான மூலத்துகள்கள் காற்றில் அடித்துக்கொண்டு போகப்படுகின்றன. அவை மீண்டும் திரவமாயாகாமல் சென்றுவிடுகின்றன. ஆதலின் 'ஆவியாதல்' விரைவாகும். காற்றிலுள்ள நீராவியினளவு குறைந்திருந்தாலும், விரைவாய் 'ஆவியாதல்' நடைபெறும். எனவே, வெப்பமும் காற்றேட்டமும், காற்றின் குறைந்த ஈரமேற்றும் பதனும் (ஹ்யூமிடிடி–**Humidity**) உலர்தலை விரைவாக்குபவை. தொழிற்சாலைகளில், ரப்பர் முதலானவை வெற்றிடத்தில் வைக்கப்பட்டு சூடாக்கப்பட்டு உலர்த்தப்படுகின்றன. ஒரு பொருள் காற்றில் உலரும்போது, ஆவி மூலத்துகள்கள் காற்று மூலத்துகள்களை மோதிப் பிரதிபலித்து, அப்பொருளையே மீண்டும் அடையலாம். வெற்றிடத்தில் அவ்வாறு நேரிடாது. ரப்பர் முதலானவை உலர்தலால் ஏற்படும் நீராவி பம்பினால் அகற்றப்படும். ஒரு பொருளை உலர்த்துவதற்கென, ரஸாயனச் சோதனையாளர், வெற்றிடவற்றலி (வாகுவம் டெஸ்ஸிகேடர்–**Vacuum Dessicator**) என்ற சாதனமொன்றை உபயோகிக்கின்றனர். அது காற்றுப்போக்கில்லாத கண்ணாடிப் பாத்திரம். அதன் கீழ்ப்பகுதியில் கந்தகத் திராவகம் (ஸல்ப்யூரிக் ஆஸிட்) நிறைந்துள்ள சிறு கலமொன்றிருக்கும். மேற்பகுதியிலுள்ள மேடையொன்றின்மீது உலர்த்தப்படவேண்டிய பொருள் வைக்கப்படும். கண்ணாடிப் பாத்திரம் வெற்றிடமாக்கப்படும். பொருளினின்று நீராவி மூலத்துகள்கள் வெளிப்படுகின்றன. ஸல்ப்யூரிக் ஆஸிட் நீர் வேட்கைமிக்கது; நீர் மூலத்துகள்கள் வெளியேறியவுடன் அவற்றை அருந்திவிடுகின்றது. பொருளினின்று நீராவி விரைவாய் வெளிப்பட்டதாகி, அது சீக்கிரமாய் உலர்கின்றது. உப்பளங்களில் தேக்கப்படும் கடல் நீரிலுள்ள நீர் மூலத்துகள்கள் சூரிய வெப்பத்தால் ஆவியாக்கப்பட்டு வெளியேறிவிடுகின்றன. உப்பு மீதியாகின்றது. கருப்பஞ்சாறு, பீட்ரூட் சாறு, முதலானவை காய்ச்சப்படும்போது, அவை நீர் நீங்கி சர்க்கரையாய் ஆகின்றன. பெரும் சர்க்கரை ஆலைகளில், சாறு வெற்றிடத்தில் காய்ச்சப்படுகின்றது. அதனால் நீர் துரிதமாய் ஆவியாக ஆகின்றது. சாறு காய்ச்சப்படுவதற்கான சூட்டை மூட்டுவதற்கென தேவையாகும் விறகின் அளவு குறைகின்றது. திரவமொன்று ஆவியாகிக்கொண்டுள்ளபோது, குளிர்ந்துபோகின்றது. கையின்மீது கொஞ்சம் ஈதரையூற்றினால், அது ஆவியாகும்போது, நமது கையில் குளிரையுணர்கிறோம். திரவமொன்று ஆவியாகும்போது, அவன் வேகமிக்க மூலத்துகள்கள் அதனின்று நீங்குகின்றன. எஞ்சியவை குறைந்த வேகமானவையே, அவற்றின் இயக்கச்சக்தி குறைந்திருக்கும். எனவே வெப்பநிலை குறைகின்றது; திரவம் குளிர்கின்றது. வேகமிக்க மூலத்துகள்கள் நீங்கிய பின்னும், திரவம் ஆவியாய்மாறுமல், நின்றுவிடுவதில்லை. திரவ மூலத்துகள்கள் ஒன்றுடனொன்று மோதிக்கொள்ளலையொட்டி, அவற்றில் சிலவற்றின் வேகம் அதிகமாகின்றன. அவை ஆவியாய் விடுகின்றன. வேகமிக்க மூலத்துகள்கள் சில நீங்க நீங்க, வேறு

சில முறையே விளைவிக்கப்படுகின்றன. ஆயினும் திரவம் மிகக் குளிர்ந்தபிறகு வேகமிக்க மூலத்துகள் அதிகமாய் விளையா. ஆதலின் அது மிக மெள்ளவே ஆவியாகும். திரவமொன்று சூடாக்கப்படாமல் சும்மா விட்டுவைக்கப்பட்ட போதுங்கூட, மேற்கூறியவாறு, அது கொஞ்சம் கொஞ்சமாய் ஆவியாய்க் கொண்டுவருகின்றது. அவ்வாறாகும்போது திரவ மூலத்துகள்களின் தொகை குறைவாகின்றது; ஆவி மூலத்துகள்களின் தொகை அதிகமாகின்றது. திரவ மூலத்துகள்களின் பரஸ்பரக் கவர்ச்சி வலிமையையொட்டிய சக்தி குறைகின்றது. ஆவி மூலத்துகள்களின் இயக்கத்தையொட்டிய சத்தி அதிகமாகின்றது. திரவம் ஆவியாய் மாறுவதற்கான சக்திமாற்றம் அதிலேயே பயத்தப்படுகின்றது. இம் முறையையொட்டி திரவமொன்று ஆவியாவதற்கு, 'தன்னிணக்கவியல் ஆவியாதல்' (ஸ்பாண்டேனியஸ் எவாபரேஷன்–**Spontaneous Evaporation**) என்று பெயர்.

கேர்திவந்து ஆவியாதல்

திரவத்தைச் சூடாக்கினால் அதன் வெப்பநிலை உயர்கின்றது. அது விரைவில் ஆவியாகின்றது. ஆவி விரைவாய் பயத்தப்படுவதால், திரவமாயுள்ள பகுதி குளிரவேண்டும். ஆயினும், அதைச் சூடாக்கிக் கொண்டுள்ள நெருப்பு, தணல், முதலானவற்றினின்று அது வெப்பத்தை அடைவதால், குளிர்ந்துபோகாதுள்ளது. ஆவியாதலின் நிமித்தம் திரவப் பகுதியில் குறையும் இயக்கச் சக்தியைவிட அதிகமான சக்தி, சூட்டைத்தரும் மூலத்தினின்று பெறப்படுகின்றது. திரவத்தின் வெப்பநிலை உயர்கின்றது. சூடேற, ஏற, வெப்பநிலையும், முறையே அதிகமாகி வருகின்றது. ஆயினும் வெப்பநிலை ஏறிக்கொண்டே போவதில்லை. ஒவ்வொரு பொருளும், அதனதற்கெனதொரு வெப்பநிலையை, முறையே, எய்தியவுடன், திரவத்தின் வெப்பநிலை உயராமல், நிலைப்பாகின்றது; சூடேற, ஏற, முறையே, ஆவியாகும் மூலத்துகள்களின் எண்ணிக்கை அதிகமாகிவரும். திரவநிலைமையிலிருந்தவையெல்லாம் ஆவி நிலைமையை எய்திய பிறகு, ஆவியின் வெப்பநிலை ஏறும். திரவமெல்லாம் ஆவியாகும்வரை மாறாதுள்ள வெப்பநிலைக்கு 'கொதிக் கூர்மைச் சுட்டல்' (பாயிலிங்கு பாயிண்டு-**Boiling Point**) என்று பெயர். அவ்வெப்பநிலையானபோது, திரவம் கொதித்துப் பொங்குகின்றது. அவ்வெப்பநிலையையடைந்த திரவத்தில் ஏற்றப்படும் சூடு, வெப்பநிலையை அதிகமாக்காமல், திரவ மூலத்துகள்களை ஆவி நிலைமையினவாயாக்குவதிலேயே செலவிடப்படுகின்றது. ஒரு கிராம் திரவத்தை, அதே நிறையான ஆவியாய் மாற்றுவதற்கென வேண்டப்படும் சூடு, அதன் 'பொதிவுள் சூடு' (லேடண்டு ஹீட்-**Latent Heat**) எனப்படும். சூட்டளவை செய்யப்படும் யூனிட், கலோரி (**Calorie**) எனப்படும். ஒரு கிராமான நீரின் வெப்பநிலையை, ஒரு சதச்சிரேணி தரப்படி (ஸெண்டிக்ரேட் டிக்ரி)யளவு அதிகமாக்குவதற்கென தேவையாகும்

சூடு, ஒரு 'கலோரி' (Calorie)ச் சூடு, எனப்படும். 'தன்னிணக்கவியல்' முறையையொட்டி திரவத்தினின்று ஆவியாகிப் பிரிந்துசெல்லும் மூலத்துகள்கள், பொதியுள் சூட்டையொட்டிய சக்தியைதாம் விட்டுவரும் திரவ மூலத்துகள்களினின்றே பறித்துக் கொள்கின்றன. அவ்வளவான சூடு, திரவத்தினின்று வெளியேறி விடுவதினாலேயே, திரவம் குளிர்கின்றது. திரவத்தின் வெப்பநிலை தாழத்தாழ, முறையே, பொதியுட் சூட்டினளவு அதிகமாகிவரும். 0°C வெப்பநிலையில் நீர் ஆவியாய் மாறலாம்; அப்போது அதற்கான பொதியுட் சூடு, 608 கலோரிகள். நீரின் கொதி வெப்பநிலை 100°C; அந்நிலைமையில் அதற்கான பொதியுட் சூடு, 538 5 கலோரிகள்.

கோதிக் கூர்மைச் சூட்டலும் பொதியுள் சூடும்

நீரின் கொதி வெப்பநிலை, 100°C எனக் கூறினோம். நீர்ப்பரப்பின் மீதுள்ள காற்றின் அழுக்கம், கடல் மட்டத்துப் பவனவமுக்கவளவான முப்பது அங்குலமாயுள்ளபோதே, கொதி வெப்பநிலை, 100°C என்றாயிருக்கும். நீர்ப்பரப்பின் மீதான அமுக்கம், முப்பது அங்குலவளவை விடக் குறைந்தால், நீரும், 100°C என்றதைவிடத் தாழ்ந்த வெப்பநிலையில் கொதித்து ஆவியாயாகும்; அவ்வமுக்கத்தினளவு, முப்பது அங்குலத்தைவிட அதிகமானால், நீரின் கொதி வெப்பநிலையும், 100°C என்பதைவிட உயரும். பவனத்தில் மேலே செல்லச் செல்ல, முறையே, அமுக்கத்தினளவு குறைந்து கொண்டே போகும், எனக் கூறியுள்ளோம். மலையுச்சியிலான பவனவமுக்கம் கடல் மட்டத்தானதைவிடக் குறைந்திருக்கும். கடல் மட்டத்தைவிட மலையுச்சி எவ்வளவு உயரமானது என்பதைப் பொருத்தவாறு, அமுக்க வேற்றுமையிருக்கும். 3750 அடி உயரமான இடத்தில் பவனவமுக்கத்தினளவு, இருபத்தாறு அங்குலமே யிருக்கும். ஆங்கு நீரின் கொதி வெப்பநிலை, 96·3°C; 7500 அடி உயரமான இடத்தில் பவனவமுக்கவளவு, 21 அங்; நீரின் கொதி வெப்பநிலை, 91·6°C; உயரம், 10000 அடி,—அமுக்கம், 15 அங்,—கொதி வெப்பநிலை. 86°C; உயரம், 30000 அடி—அமுக்கம் $7\frac{1}{2}$ அங், கொதி வெப்பநிலை, 80°C, இம்முறையையொட்டி, ஓரிடம் கடல் மட்டத்தைவிட எவ்வளவு உயரமானது, என, கணக்கிட்டு அறிந்துகொள்ளலாம். பெங்களூரில் நீரின் கொதி வெப்பநிலை, 97°C. ஆகவே, அதன் உயரம், $\frac{100-97}{100-96 \cdot 3} \times 3750 = \frac{3}{3 \cdot 7} \times 3750 = 3040$ அடி.

கொதி வெப்பநிலையும் அமுக்கமும்

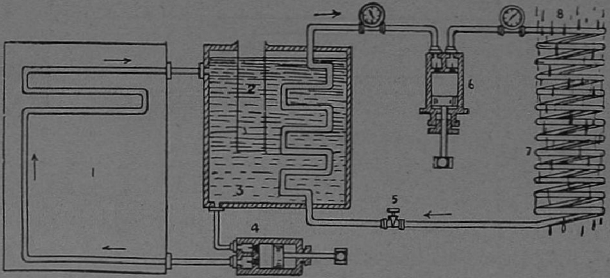
'தன்னிணக்கவியல் ஆவியாதல்' முறையையொட்டி, ஒரு திரவத்தைக் குளிர்விக்கலாம். மண்பானையிலுள்ள நீர் குளிர்தல், இம் முறையையொட்டியே

யாம். மண் பானையில் ஏராளமான சின்னஞ்சிறு இடுக்குகள் உள்ளன. அவற்றினூடே சிறிதளவு நீர் கசியும். அந்நீர் ஆவியாய் ஆகின்றது. பானையிலுள்ள நீரினின்று, ஆவியாதற்கு என வேண்டப்படும் போதியுள் சூடு எடுத்துக்கொள்ளப்படும். எனவே தன் சூட்டின் பகுதியை யிழந்த பானைநீர் தட்பமாகின்றது. பானை,

ஆவியாதலையொட்டி தளிர் விளைவிக்கும் சாதனங்கள்

காற்றோட்டமான இடத்தில் இருப்பின், நீர் விரைவில் ஆவியாகும். பானை நீர் நன்கு குளிர்கின்றது. பானையை ஈரத்துணியால் சுற்றினல், நீர் அதிகமாயும் விரைவாயும் ஆவி நிலைமையை எய்துகின்றது. பானை ஜலம் ஜில்லென்றாகின்றது. நமது உடலின் வெப்பநிலையைவிட வெளி வெப்பநிலை அதிகமாகும்போது, உடலின் வெப்பநிலை ஏறாதவாறு வைத்துக்கொள்ளப்படல், என்பது, ஆவியாதல் முறையையொட்டியே யெனக் கூறியுள்ளோம். பவனத்திலுள்ள நீராவியளவு அதிகமாகி, அதன் ஈரமேற்றுப்பதன் (ஹ்யூமிடிடி) மிகையாகும்போது, நமது, உடலின் வியர்வைமிக மெல்லனவே ஆவியாகும்; புழுக்கம் அதிகமாகும். பொறுக்க முடியாத புழுக்கமாயுள்ளபோது, கை, கால்களை, நன்றாய் ஆட்டித் தீவிரமாய் வேலைசெய்தோமாயின், அதையொட்டிப் பயத்தப்படும் சூடு உடலை விட்டு நீங்க இயலாதவாறான நிலைமை ஏற்பட்டு, உடலின் வெப்பநிலை ஏறுகின்றது; வெளி வெப்பநிலை அதிகமாயிருந்தால், அதனாலும் உடல் வெப்பநிலை உயர்கின்றது. சகிக்கமுடியாதவளவுக்கு உடலின் உஷ்ணம் சடுதியில் அதிகமாகின்றது. 'சூடேற்றதாக்கல்' (ஹீட்-ஸ்ட்ரோக்-**Heat Stroke**) வாய்ப்பட்டு ஆள் தத்தளிக்கின்றான். அத் திடீரதாக்கலினின்று ஒருவர் தப்பிப் பிழைத்தல், அரிது. 'தன்னிணக்க ஆவியாதல்' முறையையொட்டி ஒருவகையான பனி விளைவிகள் (ரிப்ரிஜேடர்கள்) அமைக்கப்படுகின்றன. குளிரை விளைவிக்கப் பயன்படும் சாதனங்கள், பனிவிளைவிகள் (**Retrigerators**) எனப்படுகின்றன. அச்சாதனமொன்று, தனிவகைப் பகுதிகளான பல வமைப்புக்களின் தொடுப்புப் பொருத்தமானது. ஒரு பகுதியான பெட்டியில் குளிராக்கப்பட வேண்டிய பண்டங்கள் வைக்கப்படுவன. திரவப் பண்டங்கள் கலங்களில் ஊற்றி வைக்கப்படுகின்றன. அப் பெட்டி, களிர் மஞ்சிகம் (கூலிங்கு சேம்பர்-**Coolingchamber**) எனப்படும். அதன் மத்தியில் குழல்வடிவான பேழையொன்றிருக்கும். அது உப்பு நீர் நிறைந்தது. உப்பு நீரினிடையில் சுருண்டு சுருண்டு வளைந்து செல்லும் குழாயொன்றிருக்கும். அச்சுருள் குழாயின் ஒரு நுனி, தொடர்க்குழாயொன்றின் ஒரு நுனியுடன் பிணைக்கப்பட்டிருக்கும். தொடர்க்குழாயின் மையத்தில் திறவடைத் திருப்பி (ஸ்டாப்காக்கு) ஒன்று பொருத்தப்பட்டிருக்கும். தொடர்க் குழாயின் மற்றொரு நுனி, பனிவிளைவியின் மற்றொரு பகுதியமைப்பிலுள்ள சுருள் குழாயொன்றின் ஒரு நுனியுடன் பிணைக்கப்படும். அப்பகுதியமைப்பு, தண்ணீர்ப் பாய்ச்சலான தொட்டி. அது தண்ணிறுகுத் தொட்டி (கண்டன்ஸர் டாங்கி-**Condenser Tank**) எனப்படும். குழாயொன்றின் வழியே அத்தொட்

டிக்குள் நீர் பாயும் ; மற்றொரு குழாயின் வழியே அந்நீர் வடிந்துவிடும். ஆதலின் அதன் மத்தியிலுள்ள சுருள் குழாய் செம்மையான நீரோட்டம் சூழ்ந்துள்ளவாறு இருக்கும். சுருள் குழாயின் மற்றொரு நுனி தொடர்க்குழாயொன்றின் ஒரு நுனியுடன் சேர்க்கப்பட்டது. அத்தொடர்க்குழாயின் மற்றொரு நுனி, இரு பகுதியமைப்புகளுக்கும் இடையிலுள்ள குழலொன்றின் அடிப்பகுதியினுள் நுழைந்திருக்கும். குழாயின் நுனி குழலுடன் சேரும் இடத்தில், 'உள்விடு' வால்வு ஒன்று இருக்கும். குழலினின்று குழாயினுள் எதுவொன்றும் செல்வதை அது விடும் ; குழாயிலிருந்து குழலுக்குச் செல்வதைத் தடுக்கும். களிர் மஞ்சிகத்தின் மத்தியிலுள்ள சுருள் குழாயின் மற்றொரு நுனி இடைக்குழலின் அடிப்பகுதியுடன் தொடர்க்குழாயொன்றின் வழியே தொடுக்கப்படும். அக் குழாயின் நுனி குழலுடன் பொருந்துமிடத்தில், 'வெளிவிடு' வால்வு ஒன்றிருக்கும். அது குழாயினின்று குழலுக்கு எதுவொன்றும் செல்வதை விடும் ;



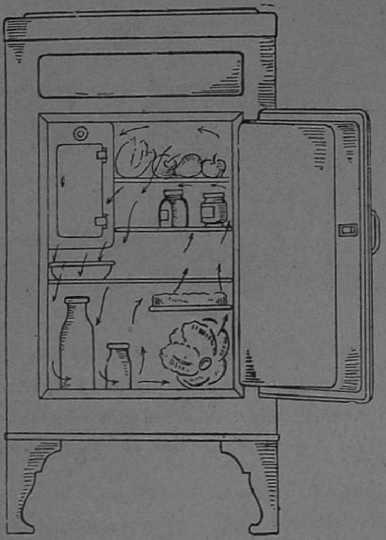
படம்—159

துளிரிடம் அமைத்தல் (Cold Storage)

1. துளிரறை (Cold Storage room). 2. தண்ணீர்த் தொட்டி 3. உப்பு நீர். 4. உப்பநீரேற்றி (Brine Pump). 5. சீராக்கு வால்வு. 6. அழுத்துக்குயிற்றி (Compressor). 7. தண்ணிறுக்கி (Condenser). 8. தண்ணீர்ப் பாய்தல்.

குழலினின்று குழாய்க்குச் செல்வதைத் தடுக்கும். இடைக்குழலில் மேலுங் கீழுமாய் அசைகின்ற பீச்சான் ஒன்று இருக்கும். ஆரம்பத்தில் திறவடைத் திருப்பி (ஸ்டாப்காக்கு) அடைக்கப்பட்டிருக்கும். களிர்மஞ்சிகத்திலுள்ள சுருள் குழாயினுள் விரைவில் ஆவியாகுமியலான திரவமொன்று நிரப்பப்படும். அவ் வகைத் திரவம் பொதிவுட்சூடு அதிகமானதாயும் இருத்தல், நன்று. சுருள் குழாயில் நிரப்பப் பயன்படும் திரவமொன்று, 'பனியயர்வியம்' (ரெப்ரிஜெரண்டு-Refrigerant) எனப்படும். கார்பன்டை ஆக்ஸைட் திரவமும், ஸல்பர்டை ஆக்ஸைட் திரவமும், அம்மோனியாத் திரவமும், அவ்வாறனவை. அம்மோனி யாத் திரவத்தின் கொதி வெப்பநிலை, – 33·5°C ; பொதியுட்சூடு, 341 கலோரி

கள். கார்பன்டை ஆக்ஸைட் திரவத்தினவை, - 78·2°C என்றதும் 57 கலோரி கள் என்றதுமாம். ஸல்பர்டையாக்ஸைடினவை, - 10·8°C, 96·2 கலோரிகள், எனவே பனியயர்வியமாய்ப் பயன்பட, ஸல்பர்டை ஆக்ஸைடும், அம்மோனியா வும், கார்பன்டை ஆக்ஸைடைவிடச் சிறந்தவை, எனலாம். பெரும்பாலும், பனி விளைவிகளில் உபயோகிக்கப்படும் பனியயர்வியம், ஸல்பர்டை ஆக்ஸைட். குழலும் பீச்சானுமுள்ள பகுதியமைப்பு, 'அழுத்துக்குயிற்றி' (கம்ப்ரெஸர்-compressor) எனப்படும். அதிலுள்ள பீச்சான் மேலே இழுக்கப்படுகின்றது. அதன் கீழுள்ள முதற்பகுதி வெற்றிடமாகின்றது. ஙளிர்மஞ்சிகத்திலான சுருள் குழாயிலுள்ள திரவத்தில் சிறிதளவு ஆவியாகி, வால்வைத் திறந்துகொண்டு வெளிச்சென்று, அவ்வெற்றிடத்தினுள் பரவும். ஆவியாதலையொட்டி, உப்பு நீரின் வெப்பநிலை யும் அதைச் சூழ்ந்துள்ள இடத்தின் வெப்ப நிலையும், அவ்விடத்தில் வைக்கப் பட்ட பண்டங்களின் வெப்பநிலையும், முறையே, சற்று இறங்குகின்றன. பீச்சான்

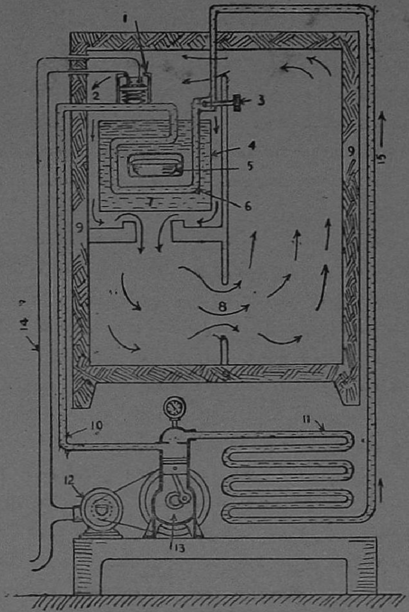


படம்: 160

பனிவிளைவி உட்புறம்

மேலே இழுபட, இழுபட, முறையே, ஆவியாதலும் மும்மரப்படும். ஙளிர்மஞ்சி கத்தின் வெப்பநிலை குறைந்துவரும். இடைக்குழலின் மேற்பகுதிவரை பீச்சான் இழுக்கப்பட்டபின், அது கீழ்வாட்டமாய் அழுத்தப்படும். குழலில் பரவிய ஆவி அமுக்கப்படும். அது ஙளிர்மஞ்சிக வாட்டத்துக் குழாயினுள் செல்லாதவாறு

அப்பக்கமாயுள்ள வால்வால் தடுக்கப்படும். தொட்டி வாட்டத்து வால்வைத் திறந்துகொண்டு அவ்வாட்டத்துக் குழாயின் வழியே, ஆவி செல்லும். தொட்டி நீரோட்டமான தானமையின், அதனால் சூழப்பட்டிருக்கும் சுருள் குழாயில், அவ்வாவி குளிர்ந்து திரவமாகும். திறவடைத்திருப்பி (ஸ்டாப்காக்) திறப்பாகும்.



படம்—161

எலக்ட்ரிக் பனிவிளைவி-**Electric Refrigerator**

1. தானே நிரலுறும் திறவிடுவி (**Automatic Switch**)
2. வாயு.
3. விரிவிடு வால்வு (**Expansion valve**)
4. பனியுறுத்தொட்டி (**Freezing tank**)
5. பனிக்கட்டித் தட்டு (**Ice Tray**)
6. விரிவுறுச்சுருள் (**Expansion Coil**)
7. உப்பு நீர் (**Brine**)
8. குளிர்காற்றுச் சுற்றோட்டம்.
9. வாரணையம் (**Insulation**)
10. குறைந்த அழக்கக் குழாய்.
11. இறுகி (**Condenser**)
12. மோட்டார்.
13. அழக்கி (**Compressor**)
14. மின் கம்பிகள்.

அதன் வழியே அத்திரவம் பாய்ந்து, ஈளிர்மஞ்சிகத்திடைச் சுருள் குழாயினுள் செல்லும். அத்திரவம், திறவடைத்திருப்பியைத் தாண்டியவுடன், அத்திருப்பி (ஸ்டாப்காக்) அடைக்கப்படும். பீச்சான் மறுதடவையாக மேலே இழுக்கப்படும்; திரவம் ஆவியாகும்; ஈளிர்மஞ்சிகத்தின் வெப்பநிலை இன்னும் இறங்கும். இவ்வாறான செய்படு நிரல்கள் (புரோஸஸங்கள்) தொடர்ந்தவாறு நடைபெறுகின்றன. ஈளிர் மஞ்சிகம், முறையே, குளிர்ந்து வருகின்றது. பீச்சானை மேலுங் கீழுமாய் ஆட்டுவதற்கென, மின்சார மோட்டார் ஒன்று வைக்கப்படும். திறவடைத்திருப்பியை (ஸ்டாப் காக்கு), தக்கவாறு அடைக்கவும் திறக்கவும், செய்யுமாறான தானே நிரலாகும் (ஆடோமாடிக்கு) சாதனமொன்று அமைக்கப்படும். மேற்கூறப்பட்டவாறு அமைக்கப்பட்ட பனிவிளைவியொன்று, பிரிஜிடேயர் (**Frigidaire**) வகையினது, எனப்படும். அதைத்தவிர, வேறுபல வகையான பனிவிளைவிகளும் பண்ணப்பட்டு விற்பனை செய்யப்படுகின்றன.

திரவம் ஆவியாகும்போது, அவ்வாறான ஆவியின் பருமன் அது திரவநிலையிலிருந்தபோதானதைவிடப் பல்நூறுமடங்கு பெரிதாயிருக்கும். ஒரு கன அடி நீர் நீராவியாயானால், அதன் பருமன் ஆயிரத்தெழுநூறு கன அடிகள் இருக்கும். மேல்மூடியிருத்தப்பட்டுள்ள கொதிக்கலமொன்றில், அப்பேரளவு விரிவுக்கான இடமிருக்கவேண்டும். பத்து கன அடி நீரைக் கொள்ளக்கூடிய கொதிக்கலமொன்றில் இரண்டு கன அடி நீரை நிரப்பி, கலத்திற்குள் காற்றுப் புகாதபடி மூடியடைத்துவிட்டு, பிறகு அதைச் சூடாக்கினால், 100°c வெப்பநிலையானபோது, அந்நீர் கொதிக்காது. வெப்பநிலை 345°c என்றாகும்போது, அந்நீர் கொதிவந்து, பத்து கன அடி பருமனான இடத்தில் அடைக்கப்பட்ட நீராவியாய் ஆகும். அப்போது, அதன் அமுக்கம்,

வரையறை வெப்ப நிலையும் எரி மலைகளும்

சதுர அங்குலத்திற்கு ஒரு டன் கனமானதாகும். (பவனவமுக்கத்தைவிட நூற்றைம்பது மடங்கு அதிகம்). அக் கொதிக்கலத் தகட்டின் வன்மையும், அதன் பொருத்தச்சீரும், பேரளவான அவ்வமுக்கத்தைத் தாங்கிக்கொள்ளக் கூடியவாறு இருத்தல்வேண்டும். அவ்வாறில்லையேல் கொதிக்கலம் பளாரென வெடித்துவிடும். ஒரு கன அடியை விடச் சற்று அதிக வளவான நீரைக் கொள்ளக்கூடிய கொதிக்கலமொன்றில், ஒரு கன அடி நீரை நிரப்பி, அதைச் சூடேற்றினால், அது, 374°c என்ற வெப்ப நிலையாகும்வரை நீராகவேயிருக்கும். அவ்வெப்பநிலையானவுடன், அந் நீர் கொதிவராமல் அப்படியே நீராவியாய் மாறிவிடும். அந்நிலைமையில், அதன் அமுக்கம், சதுர அங்குலத்திற்கு, ஒன்றரை டன்கள், இருக்கும். அபாரமான அவ்வமுக்கத்தையும் ஓர்த்துக்கொள்ளக்கூடிய உரமும், ஞாட்பும், முரணும், ஆன தகடுகள் பொருத்தப்பட்டு செம்மையாய் அஞ்சிதமான கொதிக்கலங்கள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. மேற்கூறியவாறு நீர் கொதிக்காமலே நீராவியாயும் மாறும்போதான வெப்பநிலை அதன் வரையறை

வெப்பநிலை (கிரிடிகல் டெம்பரேசர்-**Critical Temperature**) எனப்படும். அவ் வெப்பநிலையைவிட அதிகமானவாறு, நீர்ப்பொருள், திரவ நிலைமையினதாய் இருக்கமுடியாது. வரையறை வெப்பநிலையைவிட அதிகமானதான நீராவியை, நீராகுமாறு 'கஞ்சன வொடுக்கம்' (காண்டென்ஸேஷன் **Condensation**) செய்ய முடியாது. ஆக்ஸிஜன்-நைட்ரஜன்-காற்று-என்றவற்றின் வரையறை வெப்ப நிலைகளும், இன்னும் பலவற்றினவையும், முறையே, சாதாரண வெப்ப நிலையைவிட மிகத் தாழ்ந்துள்ளமையினாலேயே, அவற்றை சாதாரண வெப்ப நிலையில் திரவமாக்கல், இயலாதுள்ளது, எனக் கூறியுள்ளோம். கார்பன்டை ஆக்ஸைடின் வரையறை வெப்பநிலை 31°c; காற்றினது,—140°c; ஹைட்ரஜனினது,—240°c; ஹீலியத்தினது,—268°c; ஸல்பர்டை ஆக்ஸைடினது, 155·4°c; அம்மோனியாவினது, 130°c. நீராவி எஞ்சின்களின் கொதிக்கலங்களில் (பாயிலர்களில்), முந்நூறு டிக்ரிகள்வரைகூட நீர் சூடாக்கப்பட்டு, மேக்குச் சூடான (ஸூபர்ஹீடட்-**Super heated**) நீராவி பயக்கப்படுகின்றது. அந் நீராவி அதிக அமுக்கமுள்ளது. அதுவுள்ள கொதிக்கலமொன்று வெடித்தால் பெரும் விபத்தாம். அதன் சுற்றுப் பக்கங்களில் உள்ளவர்கள் ஆபத்துக்குட்பட நேரிடும். சிறிதிடத்தில் நீர் அடைக்கப்பட்டு சூடேற்றப்படுவதால் விளையும் பேரமுக்க வலிமையை யொட்டி நேரிடும் கோர சம்பவங்களில் அதிபயங்கரமானவை, எரிமலைகள் பிளந்து எழுப்பும் அதிர் வேட்டுகளாம். முழு மலைகள் தகர்க்கப்பட்டு தவிடுபொடியாகின்றன. பல மைல்கள் வட்டத்துள்ள பிராணிகள் ஒன்றுகூடவிடப்படாமல் துவம்ஸமாகின்றன. கடுஞ் சூடான கல்லுருக்குத் திரவம் (லாவா-**Lava**) நில மட்டத்திற்குக் கீழே ஊறுகின்ற நீருடன் கூடுவதால், ஏராளமான நீராவி உண்டாக்கப்படுகின்றது. அந் நீராவி நில மட்டத்தின் கீழ், பேரமுக்கத்துடன் அடக்கப்பட்டுள்ளது. அமுக்கம் அளவு கடந்து அதிகமாகின்றமையின், நீராவி, நிலத்தைப்பிளந்து கிழித்துக்கொண்டு கிளம்புவதால் அவ் வெடி விபத்துகள் நேரிடுகின்றன, என கூறப்படுகின்றது. சூடாறாமல் வெந்தணலுடன் கொழுந்துவிட்டெரிந்துகொண்டுள்ள உலகின் உட் பகுதிப் பாறைகளினடியில் நீராவியும் இன்னும் பல வாயுக்களும் மண்டிச் செறிந்து அபரிமிதமான அமுக்கத்துடன் அடக்கப்பட்டிருந்து, திடீரென வெளிக்கிளம்பும்போது, பூமி வெடித்து விடர்கின்றது, என சில தெரியற் செய்கையோர் கூறுகின்றனர். மலையைப் பெயர்த்துக் கடலில் வாரியெறியும் ஆற்றலுடன் அவ்வபார அமுக்கம் உள்ளது.

சில வகைத் திரவங்கள் சூடேற்றப்பட்டபோது ஆவியாய் மாறுவதில்லை. அவை சிதிலமாகின்றன. குளுகோஸைக் காய்ச்சினால், அது 146°c என்ற வெப்பநிலையில் உருகித் திரவமாய் ஆகின்றது. அத்திரவம் சூடாக்கப்பட்டால், கார்பன்-ஹைட்ரஜன்-ஆக்ஸிஜன் என்ற அடிப்பண்டங்களாயானவாறு, அது சிதிலமாகின்றது.

வாயுக்கள் சூடேற்றப்படும்போது, அதிகமாய் விரிவடைகின்றன. ஒரு கன அடி இரும்பு 0°c என்ற வெப்பநிலையிலிருந்து 78°c ஆகும் வரை சூடாக்கப் பட்டால், அதன் பருமன் ஐந்து கன அங்குலவளவு அதிகமாகும் எனவும், அவ்வளவுக்கே சூடேற்றப்பட்ட ஒரு கன அடி பருமனுள்ள ஆல்கோஹால் நூற்றைம்பது கனவங்குலவளவு அதிகமாகும், எனவும் கூறியுள்ளோம். ஒரு கன அடிக்காற்று அவ்வாறே சூடாக்கப்பட்டால்,

வாயுவின் அழக்கமும் பருமனும் வெப்பநிலையும்.

அதன் பருமன் ஐந்நூறு கன அங்குலவளவு அதிகமாகும். ஒரேயளவுப் பருமனும், ஒரேயளவு அமுக்கமும், ஆன வாயுக்கள் எல்லாம், முறையே, ஓரளவான வெப்ப நிலைமாற்றத்தையொட்டி, ஒரேயளவாய் விரிகின்றன. திடப் பொருள்களும் திரவப் பொருள்களும் சூடாக்கப்பட்டு விரிவடையும்போது, அவ் விரிவு, இரு வலிமைகளுடன் தொடர்பானது, எனக்கூறியுள்ளோம். மூலத்துகள்களின் இயக்கச்சக்தி அதிகமாவதையொட்டி, அவை ஒன்றிலிருந்தொன்று எட்டமாய்ச் செல்லும் போக்கானவையாய் ஆகின்றன. இவ்வகை விளைப்பாடு (எபக்ட்) ஒரே வெப்பநிலையான எல்லாப் பொருள்களிலும் சிகராயுள்ளது. மூலத்துகள் களின் கவர்ச்சிவலிமை அவற்றை நெருங்கச்செய்யும் போக்கானது; இது விரிவை எதிர்ப்பது. இவ்வெதிர் வலிமையினளவு, பொருளுக்குப் பொருள் வேறுபடுவது. திடப் பொருள்களிலும், திரவங்களிலும், மூலத்துகள்களின் கவர்ச்சி வலிமை அதிக வளவானது; அது, பொருட்படுத்தவேண்டியவளவு அதிகமாயுள்ளமையின், அதன் வேற்றளவுகளையொட்டி, பொருள்களின் விரிவி னளவுகளும் முறையே, வேறுபடுவன. வாயு மூலத்துகளின் பரஸ்பரக் கவர்ச்சி வலிமை சொற்பமே. ஆதலின் விரிவையொட்டியவரை, அதை பொருட்படுத்த வேண்டியதில்லை. பலவகை மூலத்துகள்களின் பரஸ்பரக் கவர்ச்சிவலிமை வேறுபடினும், முறையே, அவற்றைவிடப் பன்மடங்கு அதிக வளவான இயக்க வலிமை எல்லா வாயு மூலத்துகள்களிலும் ஒரேயளவாயுள்ளமையின், ஒரு தரப்படி (டிக்ரி) வெப்பநிலை மாற்றத்தையொட்டிய பருமன் வேறுபாடுகள், முறையே, கிட்டத்தட்ட ஒரேயளவாக வுள்ளன. ஒரே வெப்ப நிலையிலுள்ள பலவகை வாயு மூலத்துகள்களின் வேகங்கள் முறையே வேற்றளவினவா யிருக்கலாம்; ஆனல் ஒரு தரப்படி வெப்பநிலை மாற்றத்தை யொட்டியேற்படும் வேகவளவு மாற்றவீதம் முறையே எல்லாவற்றிலும் கிட்டத்தட்ட ஒரேயளவா யுள்ளமையின், பருமனளவு வேறுபாட்டின் வீதங்களும், கிட்டத்தட்ட ஒரே யளவாக இருப்பன. வாயுவின் பருமனுக்கும் அமுக்கத்திற்குமான தொடர்பைப் பற்றி முன்னரே கூறியுள்ளோம். அதையொட்டி, ஒரு தரப்படி (டிக்ரி) வெப்ப நிலை வேற்றுமைக்கான பருமன் வேற்றுமையை அளவிடவேண்டுமாயின், அமுக் கத்தினளவு மாருதிருக்கவேண்டும், என அறியலாம். பவனவமுக்க வளவில் (30 அங்.) நிலையானவாறுள்ள, ஒரு கன அடிப்பருமனுள்ள காற்றின் வெப்பநிலை, 0°c என்றதிலிருந்து 1°c என்றதற்கு உயர்ந்தால், அதன் பருமன், 6·33

கன அங்குலவளவு அதிகமாகும். எனவே, விரிவு, தரப்படிக்கு (டிக்ரீக்கு) $\frac{6{\cdot}33}{1728} = \frac{1}{273}$ என்ற வீதமாகும். அதே நிறையான காற்றின் பருமனை நிலையாய் வைத்துக்கொண்டு, முன்னளவே வெப்ப நிலையை யுயர்த்துவோம். பருமன் மாறாதுள்ளமையின், அமுக்கம் அதிகமாகும். அவ்வமுக்கத்தினளவு 'அ' எனக் குறிப்பிடப்பட்டால், முன்பு கூறப்பட்ட, பருமன் அமுக்கத்தொடர்பின் விதியை யொட்டி, $\frac{1\frac{1}{273}}{1} = \frac{அ}{30}$ என்ற நிகர்ப்பு, இருக்கவேண்டும். (1°c என்ற வெப்ப நிலையில், ஒரே நிறையான காற்று, $1\frac{1}{273}$ கன அடிப்பருமன்—30 அங்குல வமுக்கம் என்றவாறும், 1 கன அடிப்பருமன் —'அ' அங்குலவமுக்கம் என்ற வாறும், முறையேயுள்ளது). ஆகவே, 'அ' = 30 × $\frac{1}{273}$ என்றாகும். அமுக்கமதிகமாகும் வீதம் $\frac{30 \times 1\frac{1}{273} - 30}{30} = \frac{1}{273}$ என்றாகும். எனவே, வெப்பநிலை வேறுபாட்டையொட்டி, ஓரளவு நிறையான வாயுவின் அமுக்கம் நிலையாயுள்ளபோது, பருமன் அதிகரிக்கும் வீதமும், பருமன் நிலையாயுள்ளபோது, அமுக்கம் அதிகரிக்கும் வீதமும், நிகரானவை, என, அறிகிறோம். வாயு வொன்றின் பருமன் வெப்பநிலை வேறுபாட்டையொட்டி, ஒரொழுங்குடன் அதிகமாவதைப்போலவே, அதன் அமுக்கமும் வெப்பநிலை வேறுபாட்டை யொட்டி அதேயொழுங்குடன் அதிகமாகின்றது. வாயுவின், பருமன் விரிவை யொட்டியும், அமுக்கவதிகத்தையொட்டியும், முறையே, வெப்பநிலையளவைகள் செய்யப்படுகின்றன. வாயுவொன்றுடக்கப்பட்ட வெப்பநிலையளவியை (தெர்மா மீடரை)க்கொண்டு, திரவமொன்றுள்ள வெப்பநிலையளவியை (தெர்மாமீடரை)க் கொண்டு செய்யவியன்றதைவிட அதிகத் திருத்தமான வெப்பநிலையளவைகளைச் செய்ய இயலும். ஆயினும், வாயுவின் விரிவு திரவத்தினதைவிடப் பன்மடங்கு அதிகமாயுள்ளமையின், வாயுவடக்க வெப்பநிலையளவிகள், திரவ வெப்பநிலை யளவிகளைவிடப் பன்மடங்கு பெரிதாயிருக்கவேண்டும். எனவே வாயு வெப்ப நிலையளவி அதிகமான இடத்தை அடைத்துக்கொள்ளும்; ஓரிடத்தினின்று மற்றோரிடத்திற்கு எடுத்துச் செல்வதற்கு வசதியானதன்று. வாயு வெப்பநிலை யளவிகள் (காஸ் தெர்மாமீடர்கள்-Gas Thermometers) தெரியற் செய்கைச் சோதனை சாலைகளில், திருத்தமான அளவைகள் செய்தற்கென, உபயோகப் படுகின்றன. சாதாரணமாய் புழங்கப்படுவதற்கு, பாதரஸத் தெர்மாமீடர்களே ஏற்றவை.

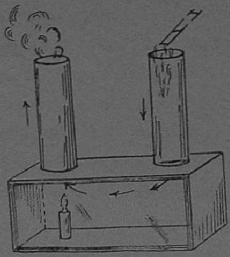
சூடாகும்போது காற்றின் பருமன் பெரிதாகின்றது. எனவே, அதன் செறிவு குறைகின்றது. செறிவு குறைந்த பொருளொன்று செறிவு அதிகமான பொருளொன்றின்மீது மிதக்கும், என, நாம் அறிவோம். அம் முறையை யொட்டி, வெப்பமான காற்று தட்பமான காற்றின்மீது மிதக்கும். இவ்வழியை அனுசரித்தே முதன்முதலாக, புகைக்கூடுகள் (பலூன்கள்-Balloons) பவனத்தில் மிதக்கவிடப்பட்டன. பட்டும் ரப்பரும் கலந்தவாறு செய்யப்பட்ட

துணியினால் பெரும் பையொன்று தைக்கப்பட்டது. நிலத்திலடிக்கப்பட்ட முளைகளுடன் பல கயிறுகளால் அது கட்டப்பட்டது. பையினுள் சூடான காற்று அடக்கப்பட்டது. கூடையொன்றைப்போன்ற அமைப்பொன்று பையின் கீழினின்று தொங்கவிடப்பட்டது. அதில் வானத்தில் பறந்து செல்லத் துணிந்தவர் உட்கார்ந்துகொண்டார். முளைகளில் கட்டப்பட்டிருந்த கயிறுகள் அவிழ்க்கப்பட்டன. புகைக்கூடு எழும்பி வானில் பறந்தது.

புகைக் கூண்டுகள்

புகைக் கூட்டின் 'கூடையில்' உட்கார்ந்தவரின் கனம், 120 பவுண்டுகள் எனக்கொள் வோம். காற்றின் கனமும், இன்னும் மற்ற புகைக்கூட்டின் பகுதிகளின் கனமும் சேர்ந்து 300 பவுண்டுகள் எனக்கொள்வோம். புகைக்கூட்டில் அடக்கப்படும் காற்றுட்பட, 420 பவுண்டுகளின் கனம் மேற்கிளம்பி எழும்பவேண்டும். சாதாரண வெப்பநிலை 30°c எனவும், புகைக்கூட்டிலடக்கப்பட்டதினது, 100°c, எனவும் கொள்வோம். 30°c, என்ற வெப்பநிலையில், ஒரு கன அடிப்பரும னுள்ள காற்று, 100°c என்ற வெப்பநிலையில் $\frac{273+100}{273+50}=\frac{373}{303}$ கன அடியாகும். ஆதலின் ஒரு பவுண்டு கனமான வெப்பக் காற்று, தன்னையும் தன்னுடன்கூட $\frac{373}{303}-1=\frac{73}{303}$ பவுண்டுகளான மற்ற கனத்தையும் தூக்கிக்கொண்டு குளிர்ந்த காற்றில் மிதக்கலாம். 420 பவுண்டுகள் கனம் அவ்வாறு மிதக்கவேண்டுமாயின், $\frac{420\times 303}{73}=1818$ பவுண்டுகளான வெப்பக்காற்று, புகைக்கூட்டில் அடைக்கப் படவேண்டும். 100°c வெப்பநிலையானபோது, ஒரு பவுண்டு காற்று, 17 கன அடிப்பருமனுளது. 1818 பவுண்டுகள், $1818\times 17=30,906$ கன அடி இருக்க வேண்டும். இப்பருமனுள காற்று அடக்கப்படவேண்டிய புகைக்கூடு உருண்டை வடிவினதாய் இருந்தால், அதன் குறுக்களவு $\sqrt[3]{\frac{30906\times 6}{\pi}}=39$ அடி இருக்கும். (உருண்டை வடிவமான வஸ்துவொன்றின் பருமன், $\frac{\pi\times(\text{குறுக்களவு})^3}{6}$ என்றாகும். 'π' என்ற குறியீடு ஒரு வட்டத்தின் சுற்றளவுக்கும் குறுக்களவுக்கு மான வீதத்தைக் குறிப்பது. அதனளவு கிட்டத்தட்ட, '$3\frac{1}{7}$'.) முதன்முதலாக வானில் எழுந்த புகைக்கூண்டின் கீழ்ப்புறமாய், வைக்கோல் எரிக்கப்பட்டு, காற்று சூடாக்கப்பட்டது. அப்படிச் செய்யும்போது புகைக்கூடு தீப்பற்றி எறிந்துபோய்விடலாம். ஆதலின் புகைக்கூடுகளில் வெப்பக்காற்றை யடக்கல் என்ற வழி கைவிடப்பட்டது. ஹைட்ரஜன், காற்றின் செறிவில் பதினான்கி லொரு பங்கேயானது. புகைக் கூடுகளில் ஹைட்ரஜன் வாயுவை நிரப்பும் முறையேற்பட்டது. சென்ற நூறாண்டுகளாய், புகைக்கூடுகளில் ஹைட்ரஜன் வாயுவை நிரப்பப்படும் முறையே, வழக்கமாகி வந்துள்ளது. இக்காலத்து ஆகாயக் கப்பல்களின் கூடுகள், ஹைட்ரஜன் நிறைந்தபைகளே. ஹைட்ரஜன் எளிதில் தீப்பற்றி எரியக்கூடிய வாயு. ஆதலின் ஹைட்ரஜன் நிறைந்த

பைகளைக்கொண்ட ஆகாயக் கப்பல்கள், தீயையணுகாமல் இருக்குமாறு, அவற்றைச் செலுத்தும் கப்பலோட்டிகள் ஜாக்கிரதையாய் கவனித்துக் கொள்ள வேண்டும். ஹைட்ரஜனைவிட இரு மடங்கே அதிக செறிவான ஹீலியம் தீப்பற்ருத வாயு. ஆகாயக் கப்பல்களின் கூடுகளில் அவ்வாயு அடக்கப்படலாம்.

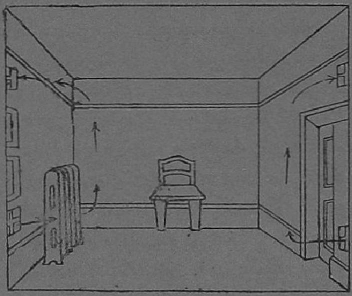


படம் 162

புகை எக்கலிவர்ச்சியால் வெளியேறல்

(Convection Currents)

அமெரிக்காவில், எண்ணெயூற்றுகளினின்று பலவகை வாயுக்கள் பெருவாரியாய் உற்பத்தியாகின்றன. அவற்றிலொன்று ஹீலியம். அதனுல் அந்நாட்டு ஆகாயக் கப்பல்களில் ஹீலியம் நிரப்பப்படுகின்றது. ஐரோப்பாவில் ஹீலியம் கிடைத்தல் அரிது. ஐரோப்பிய நாட்டினர் ஹீலியத்தை உபயோகித்தல் கட்டிவராது.



படம் 163

புதுதீவுய்த்தேகல் தாரைகள்

(Ventilation System)

சூடான காற்றின் மேல்நோக்கி எழும்பிச் செல்லும் தன்மை பலவகைகளில் அனுகூலமாயுள்ளது. சூடான காற்று மேலெழும்பிச் சென்று, குளிர்ந்த காற்று கீழிறங்குவதால், திரவங்களில் ஏற்படுவதைப்போன்ற எக்கலிவர்ச்சி ஓட்டக் கால்கள் (கன்வக்ஷன் கர்ரண்டுகள்) அமைகின்றன. இம்முறையை

யொட்டியே, புகைப்போக்கிகளின் வழியே, புகை வெளியேறுகின்றது. ஓரறைக்குள் நல்ல காற்று வரவும், கெட்ட காற்று வெளியேறவும் அனுகூலப்படுகின்றது. இம் முறையை யொட்டியே, 'புகுதிவுய்த்தேகல் தாரைகள்' (வெண்டிலேஷன் ஸிஸ்டம்கள் - Ventilation System) என்ற காற்றோட்ட சாதனங்கள் அமைக்கப்படுகின்றன. குளிர்ந்த பசும் புற்றரையான நாட்டின்மீது பறந்து செல்லும் ஆகாயவிமானி, அந் நாட்டைக் கடந்து, வரண்டு கிடக்கும் கட்டாந்தரைப் பாங்கின்மீது பறக்கிறான். வெப்பக்காற்று மேல் நோக்கி எழுகின்றது. அதன் ஓட்டக் கால்களை (கர்ரண்டுகளை) அனுசரித்தவாறு தன் விமானத்தைத் திருப்பிக் கொண்டு, அவன் வெப்பக் காற்றின் மீது சறுக்கிக்கொண்டு மேலே யெழும்புகின்றான். சறுக்கேறு ஆகாய விமானங்கள் (கிளைடர் பிளேன்கள்-Glider planes) மேலெழும் காற்று ஓட்டக் கால்களின் (கர்ரண்டுகளின்) மீது ஊர்ந்து உயரும் வகையினவை.

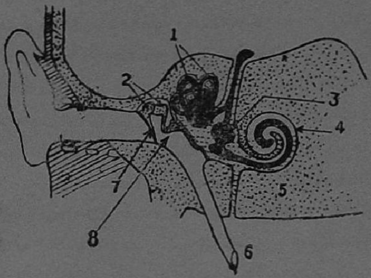
எக்கலிவர்ச்சியும்
புகுதிவுய்த்தேகலும்

பொருள்களின் தன்மைகளை ஆராய்ந்தோம். அவற்றைக்கொண்டு பலவகைச் சாமான்களையும் சாதனங்களையும் தக்கவாறு அமைத்துக்கொள்ளும் வகைகளையறிந்தோம். திடப் பொருள்களைக் கையாண்டோம்; திரவங்களில் மூழ்கினோம்; வாயுகமனஞ் செய்தோம்; இறங்கி வந்து இளைப்பாறுவோம்; சற்று உட்கார்ந்து சிந்திப்போம். பொருள்களின் பண்புகளை அளவிட்டறிவதற்கென அமைக்கப்பட்ட கருவிகள் பல. அவற்றைக் கொண்டு, நமது உபயோகத்திற்காக பண்ணிக் கொள்ளும் சாதனங்கள், எண்ணற்றவை. இவ்வாறு மண்டியுள்ள சாதனங்களும் அளவிடு கருவிகளும், நமது புலன்களையும் அறிவையும் யொட்டியே யானவை, என்பதை மறத்தலாகாது. நமது தொட்டுணர்ப் பொறிகளின் வழியே பொருள்களின் தன்மைகளை அறிகிறோம். பாஷினியன் கார்புஸல்கள் அமுக்கத்தை உணர்த்துகின்றன. தசை நரம்புகளைக் கொண்டு, வலியுறுத்தல், வளைத்தல் முதலியவற்றின் அளவுகளை ஒருவாறு தெரிந்துகொள்கிறோம். சூட்டையும் குளிரையும் உணர்கிறோம். எனவே தெரியற் செய்கைக் கருவிகள் எல்லாம் நமது புலன்களின் விரிவையும் அறிவின் பெருக்கத்தையும், உடலமைப்பையும், யொட்டியானவையேயன்றி, பைசாசங்களின் வேலையன்று. ஒருவரின் புலன்கள் வாயிலாய் உணரப்பட்டவற்றை முறைப்படுத்துவது, அவரது செம்மல் மூளை. தெரியற் செய்கைக் கருவிப் புலன்கள் வாயிலாயும் செம்மல் மூளையின் எண்ணத் தொடர்புறவின் விளைவாயும் அறியப்பட்ட பல பொருள்களை நிரலாக்குவது, தெரியற் செய்கை முறை. அது எல்லா மக்கட்கும் பொதுவான செம்மல் மூளை, எனலாம். சிலரின் அறிவும் செயலும் எல்லோர்க்கும் பயன்படுமாறு செய்தலே தெரியற் செய்கையின் சிறப்பாம்.

எட்டாம் அத்தியாயம்

செவியின் திட்பமும் ஒலிச்செல்வமும்

தொட்டுணர்ந்தும், முகர்ந்தும், சுவைத்தும் இன்பம் நுகர்ந்துத் திளைத்தோம். ஆயினும், தெவிட்டிப்போய்விட்டது. உட்கார்ந்து பல்லோசையை செவி சாய்த்துக் கேட்போம். நமது செவிப்புலன் மற்ற பல பிராணிகளினதைப்போல் அவ்வளவு நுட்பமானதன்று. ஆனல், மற்றொருவர் பேசுவதைக் கேட்டு அவர்



படம் 164

கர்து

1. அரைவட்டக் குழாய்கள்
2. அரவச் சிற்றெலும்புகள்
3. பை (Saecule)
4. ஏரல் (Cochlea)
5. கூம்பு (Cone)
6. யூஸ்டேஷியன் குழாய்
7. பறையேடு (Tymphonic membrane)
8. பறையிடம் (காற்று நிறைந்தது)
   (Tympanic Cavity)

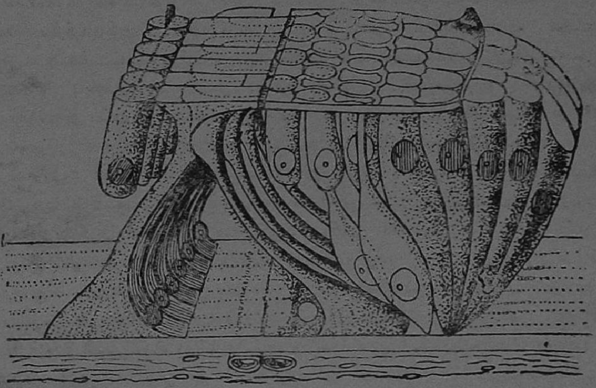
பகரும் சொற்களின் அர்த்தம் என்னவெனத் தெரிந்து கொள்ளக்கூடிய பகுத்தறிவு நமக்குண்டு. சொற்கள் எனும் ஓசைக்குறிப்புகளைக்கேட்டு அவற்றின் தொடர்பான பொருளை விளக்கஞ் செய்துகொள்ளும் உய்த்துணர்த்திறன் மக்களிடம் நன்கு விருத்தியடைந்துள்ளது. இன்னும், இசையெனப்படும்

சுர-தாள-இராக பேதங்களைப்பொருத்தான ஒலிக்குறிப்பியையுத் தொடர்களைக் கேட்டு இன்பந்துய்க்கும் பண்பு மக்களுக்கே சிறப்பாயுள்ளது. இவ்வாறு, நமது வாழ்க்கையில் நாம் கேட்டுணரவேண்டிய விஷயங்கள் அதிகமாயுள்ளமையின், காதின் வாயிலாய் மூளைக்கெட்டும் கேள்விச் செய்திகள் ஏற்கப்படுவதற்கெனவும், பதியப்படுவதற்கெனவும் ஏற்பட்டதான 'அரவவியல் வைப்பு' (ஆடிடரி ஸெண்டர்-**Auditory Centre**) செம்மல் மூளையில் விசாலமாயுள்ளது.

காதின் அமைப்பு

காது, இருவித வுறுப்புக்கள் சேர்ந்தானதொன்று. ஒன்று, ஒலியுளவைக் கண்டுபிடிப்பது. (டிடக்டர்-**Detector**); மற்றொன்று உடலின் நிலைப்பாட்டை சமச் சீராக்குவது (பாலன்ஸர்-**Balancer**). ஒலியுளவை நுகரும் உறுப்பில் இரு பகுதிகள் உள. ஒன்று 'ஒலியுணர்தி'; மற்றொன்று ஒலியுயர்த்தி (ஆம்ப்ளிபையர் - **Amplifier**) ஒலியுணர்தி பல சுரங்களை, முறையே பிரத்தியேகமானவாறு உணர வல்ல நூற்றுக்கணக்கான தனித்தனி உணர்-உருப் படிகளைக்கொண்டது. வெளியேயிருந்துவரும் ஒலியலைகள், புகுதிறகு (பின்ன-**Pinna**) என்ற புறச் செவியால், குவிவாய் அடர்த்தப்படுவன. ஒலியலை, காதுத் துவார வாயிலாய்ப் புகுந்து, முரசமுரிமான எடு (டிம்பானிக் மெம்ப்ரேன்-**Tympanic membrane**) எனப்படும் செவிப்பறையை மோதித் தள்ளும். 'அரவச்சிற்றக்குகள்' (ஆடிடரி ஆஸிகிள்கள்-**Auditory ossicles**) எனப்படும் மூன்று சிற்றெலும்புகள் பூட்டப்பட்ட அமைப்பின் வழியே, அலையதுப்பு உட்செவியிலுள்ள சிறுபறைக்கு இசைக்கப்படும். முரசமுரிமான எடு (டிம்பானிக் மெம்ப்ரேன்) சிறு பறையைவிட பத்துமடங்கு பெரிதானது; எனவே சிறு பறை அப்பெரும் பறையைவிட பத்துமடங்கு அதிகமாய் துவளும். 'அரவச்சிற் றக்குகள்' காற்று நிறைந்த அடைப்பிடத்தில் அமைந்துள்ளன. அவ்விடம் 'மையச்செவி' எனப்படும். அதிலிருந்து ஒரு குழாய் தொண்டைக்குச் செல்கின்றது. அது, 'யூஸ்டேஷியன் குழாய்' (**Eustachian Tube**) எனப்படும். அதனால் மையச் செவியிலுள்ள காற்றின் அமுக்கம் வெளிக்காற்றினதாயிருக்கும். ஒரு சுரங்கத்திற்குள் இறங்குவோமாயின், நமது காது கும்மென்று அடைத்துக் கொள்கின்றது. வெளிக்காற்றின் அமுக்கம் அதிகமாகி செவிப்பறை உள்வாட்ட மாய் தள்ளப்படுவதால், அவ்வுணர்ச்சி பயத்தப்படுகின்றது. வாயைத் திறந்து, ஒரு தடவை எக்களித்து விழுங்கினால், யூஸ்டேஷியன் குழாய் வெளிக் காற்றுக்குத் திறப்பாகும்; அமுக்கங்கள் நிகராகின்றன. கும்மென்ற வுணர்ச்சி மறைந்துபோகும். திரவம் நிறைந்த ஓரறையின் பக்கச் சுவரொன்றின் பகுதி யானவாறு, சிறு பறை பொருந்தியுள்ளது. அவ்வறை, மண்டையோட்டின் உட்பக்கம் கூடாய்க் குடையப்பட்டமைந்த சிறு குகையைப்போலானது. ஒலி யலைகளால் மோதப்பட்டு சிறு பறை துடிதுடிக்கும்போது, அத்திரவமும் அதற் கேற்றவாறு கொந்தளிக்கும். திரவம் நிறைந்த பையொன்று அவ்வறையில்

உள்ளது. அப்பை, ஒரு வாட்டத்தில் நத்தையோட்டின் வடிவாய்ச் சுருண்டு வளைந்திருக்கும். அது செவிப் புலனுக்கு இன்றியமையாத உறுப்பு. அதற்கு, 'நந்துயேரலுருவி' (காக்ளியா-**Cochlea**) என்று பெயர். பையின் ஒருவாட்டத்துள்ள பகுதிக்கு சேணியப்புரமறை (ஸ்கேலா வெஸ்டிப்யூலி-**Scalavestibuli**) என்றும், மற்றொரு வாட்டத்துள்ள பகுதிக்கு சேணியா குளியுரிமான் (ஸ்கேலா டிம்பானி-**Scala tymphani**) என்றும், பெயர். பையின் தொடர்பானவாறு வாய்க்கால்போன்ற வளைவமைப்பு ஒன்று உள்ளது. அதுவும் நந்துயேரலுருவியும் சேர்ந்தான அமைப்பிற்கு, நந்துயேரலுரிவயவை (காக்ளியர் கனல்-**Cochlear canal**) என்று பெயர். செம்மல் மூளைக்குச் செல்லும் அரவவியல் நரம்பு (ஆடிடரி நர்வ்-**Auditory nerve**) இங்கிருந்தே துவக்கமாகின்றது. நந்து



படம் 165

காக்ளியாவின் உள்ளமைப்பான கார்டி உறுப்பின் நரம்பமைப்புமுறை

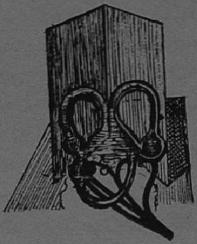
(Organ of Corti in Cochlear Canal)

யேரலுருவிவயவையில் (காக்ளியர் கனலில்) ஏராளமான நரம்பு நார்கள், பத்தி பத்திகளாய் சுருள்வளைவானவாறு பொருந்தியுள்ளன. அந்நரம்பு நார்களின் தொகை ஐயாயிரம் முதல் ஆறுயிரம் வரை இருக்கும். ஒவ்வொன்றும், ஒவ்வொரு துடிதுடிப்பெண்ணுடன் உணர்ப்பொருத்தமானது. [ஒரு ஸெகண்டில் ஏற்படும் துடிதுடிப்புகளின் எண்ணிக்கை, துடிதுடிப்பெண் (ரேட் ஆப் வைப்ரேஷன்-**Rate of Vibration**) எனப்படும்]. ஒலியலைகள் சிறு பறையில்

மோதலாதலையொட்டி திரவம் கொந்தளிக்கும்போது, ஒவ்வொரு நரம்புநாரும் அதனதற்கான சுரத்தை உணரும். காது, சுரங்களை திட்பமாய்த் திட்டமானவாறு அளவிட்டுணரவல்ல சிறந்த தெரியற் செய்கைக் கருவி எனலாம். நல்ல காதுள்ளவர் ஒரு சுரத்தனையின் (பிட்சின்-Pitch) அரை மாத்திரைத் தொனியின் (செமிடோனின்-Senitone) அறுபத்துநான்கிலொரு பங்கான ஆரோகண அவரோகணப் பிரமாணத்தை உணர்கின்றனர். '512' என்ற துடிதுடிப்பெண்ணுள்ள சுரத்தனைக்கும், $512\frac{3}{4}$ என்றதற்குமான பேதத்தை அவர்கள் அறிகின்றனர். ஒலியலைகளின் துடிதுடிப்புப் பான்மையையொட்டிய வாறு பலவகை நாதங்கள் (குவாலிடிகள்-Qualities) ஏற்படுபவை. நாத பேதங்களை உணரும் திறன் காதுக்கு நன்கு வாய்த்துள்ளது. கோஷ்டி வாத்தியக்கச்சேரி (ஆர்கஸ்டிரா-Orchestra) நடந்துகொண்டுள்ளதை சற்று தூரத்தினின்று கேட்பதினின்று, ஒலிக்கப்படும் வாத்தியங்கள் எவை எனக் கூறவல்ல இசைச்செவி படைத்தோர் உள்ளனர். அவ்வாத்தியங்களில் பிழையானவாறு ஒலிக்கப்படுபவை எவை என எடுத்துக்காட்டக்கூடிய இசை வல்லுனரை நாமறிவோம். இவ்வியத்தகு நுட்பமுணர்ப்பண்பு எங்ஙனம் செவியில் ஏற்பட்டுள்ளது என்பதை விளக்குவதற்கான உடலுறுப்பு அமைப்பியலை (பிஸியலாஜிகல்-Physiological) யொட்டிய காரணம் யாதென இதுகாறும் அறியப்படவில்லை. ஓசை வரும் திசையை காது எங்ஙனம் அறிகின்றது என்பதைத் துலக்குவதற்கான காரணத்தையும் திட்டமாய் நாமறியோம். ஓரொலி, நமக்குச் சரிநேரான முன்புறமிருந்தாயினும், பின்புறமிருந்தாயினும் வரும்போது, அது, இரு காதுகளாலும் ஒரேயளவு உரத்தவாறு கேட்கப் படுகின்றது. மற்ற திக்குகளினின்று வரும் ஓசைகள் அவ்வாறு விழுவதில. இவ்வகை ஒலி, ஒரு செவியில் மற்றதிலானதைவிடச் சற்று அதிகமாய் உரத்தவாறு கேட்கப்படும். அவ் வேற்றுமையைக்கொண்டு, ஒலி வரும் திக்கு உணரப்படுகின்றது. சரிநேரான முன்புறத்தினின்று ஓரொலி வருகின்றதா, அன்றி, அது பின்னிருந்து வருமொன்றா, என நம்மால் திண்ணமாய் அறிய முடிவதில்லை. அவ்வாறாக ஒலி வரும் திக்கை சரியாய் உணரமுடியாதுள்ள மையின், நம்மில் குழப்பமுண்டாகின்றது. என் இடது காது சற்று மந்தமானது. கெடிகாரம் 'டிக்-டிக்' என்று அடித்துக்கொள்வதை அக் காதால் கேட்க முடியாது. கட்டிலின் கால்மாட்டிலுள்ள மேசையின்மீது கெடிகாரத்தை வைத்துவிட்டு, விளக்கையணைத்துவிட்டு நான் படுக்கையில் படுத்துக் கொண்டுள்ளபோது, கெடிகாரத்தின் 'டிக்-டிக்' சத்தம் எனது வலப்புறத்தி னின்று வருவதுபோல் எனக்குக் கேட்கிறது. சரி நேரான முன்புறமாக வாயினும், பின்புறமாகவாயினும் இல்லாத திசையினின்று வரும் ஒலியலை ஒரு காதில் விழுந்த நேரத்திற்குச் சற்றுப்பிறகானபோதே, மற்றொரு காதில் படும், என்பதையொட்டி ஒலிவரும் திசை உணரப்படலாம், என சில தெரியற் செய்கையோர்கள் கூறுகின்றனர்.

உட்செவி, 'சிக்குவக்கிரக்குகரம்' (லாபரிந்து-**Labyrinth**) என்ற அமைப்பையும் கொண்டது. தலைவைப்பு நிலைமையையும், அது எவ்வாறு ஆடிக்கொண்டுள்ளது என்பதையும், மூளைக்குத் தெரிவிக்கும் உறுப்பு, சிக்கு வக்கிரகக்குகரம்: எனப்படுவது. நாம் சாதாரணமாய் தலைநிமிர்ந்தவாறிருப்பதைக் கவனித்துக்கொள்வது, அவ்வுறுப்பு. நமது விருப்பத்தையொட்டியல்லாது, நிமிர்நிலைப்பிறழ்ந்து, தலை சாய்ந்தால், அப்பிறழ்ச்சி துவங்கியவுடனே, அச் செய்தியை சிக்குவக்கிரக்குகரம், மூளைக்குத் தெரிவிக்கும். அப் பிறழ்வுண்டாகும் பாகத்துத் தசைகளை, மூளை, நரம்புகள் வழியே ஏவி, பிறழ்ச்சி திருத்தப் படுமாறு செய்யும். தரையின்மீது பாதமூன்றப்பட்டிருக்கும் உணர்ச்சியுள்ள

சித்துவக்கிரக்குகரம்



படம் 166.

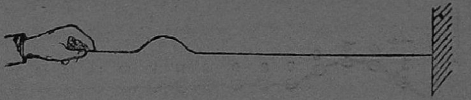
சித்துவக்கிரகுகரம்

(**Labyrynth**)

வரையும், சூழ்ந்துள்ளனவற்றைக் கண்டு நாமுள்ள இடம் எதுவென கட்புலனாகும் வரையும், சிக்குவக்கிரக்குகரத்தின் துணையை நாடாது, நாம், நிமிர்ந்திருக்க இயலும். அந்நிலைமையிலில்லாதபோது, நிமிர்நிலையிலிருத்தப்படுவதற்கென, சிக்குவக்கிரக்குகரத்தின் துணை அவசியமாகின்றது. சிக்குவக்கிரக்குகரம் ஒருவனுக்கு இல்லாவிடின், அவன் இருட்டுவேளையில் நீரில் மூழ்கியுள்ளபோது, தான் தலைகீழாயுள்ளவனா, அன்றி, தலைமேலோயுள்ளவனா, என்பதை அறிய முடியாது. சிக்குவக்கிரக்குகரம் மூன்று அரைவட்டவளைக்குழாய்களால் அமைக்கப்பட்டது. அவை, திரவம் நிறைந்துள்ளவை. நரம்பு நார்க்கற்றைகளின் நுனிகள் அக்குழாய்களினுள் புகுந்திருப்பன. ஒரு குழாய் வான்தொடுவதி (ஹாரிஜாண்டல்) த் தட்டத்திலும் (பிளேனிலும்), மற்ற இரண்டும், முறையே செங்குத்துத் தட்டங்களில், ஒன்றுடனொன்று செம்மைக்கோண வளவு திரும்பியவாறு, முறையே, அரைவட்டவளைக்குழாய்கள் அமைந்துள்ளமையின், எவ்வாட்டத்திலேயாயினும் முடுக்குவீற்றுவது (ஆக்ஸிலரேஷனுவது,

திருப்ப அசைவாவது பயத்தப்பட்டால் அதையொட்டிய வளைக்குழாய்களிலுள்ள திரவப் பகுதிகள், முறையே, தக்க வளவுகளானவாறு குலுக்கப்படுவன. அவற்றில் புகுந்தவாறுள்ள நரம்பு நார்க் கற்றைகள் அதுக்கப்படுவண. சிறுவர், சிறுமிகள் வலமிடக் குறுக்காய் கைகோத்துக்கொண்டு தும்பி விளையாடுவதைப் பார்த்திருக்கிறோம்; நின்றநிலையில் பம்பரம்போல் சுழன்று விளையாடுவதைக் கண்டிருக்கிறோம். அப்படிச் சுழலும்போது, சிக்கு வக்கிரக்குகரத்தின் திரவம் கூடவே சுழல்கின்றது. தும்பிச் சுழற்சியும், பம்பரச் சுலவலும், முறையே, நின்றபின் கூட திரவத்தின் உழலல் நிற்பதில்லை. அது, சற்றுநேரமாகும் வரை சுழன்றுகொண்டேயிருக்கும். அவ்வாறான சுழற்சியை யொட்டி, திரவம் மிகவும் உலுக்கப்படுகின்றது. அதை யொட்டி, நரம்புகளும் மிகவும் கிளர்ச்சியுறுகின்றன. நிலைப்படுத்துத் தசைகளுக்குத் திட்டமான கட்டளைகள் அனுப்பப்படுவதில், குழப்பமானவாறு அவை ஏவப்படுகின்றன. அத்தசைகள் அலட்டப்பட்டு திகைத்துப்போகின்றன. தசல்படு நிலைமை தடுமாட்டமாகின்றது. தும்பி விளையாடினவனுக்கும் பம்பரமாய்ச் சுழன்றவனுக்கும் கிறுகிறுப்பு உண்டாகின்றது. மயக்கம் மேலிடுகின்றது. நிலை தப்பிக் கிழே சாய்ந்தாலும் சாய்வான்; விழுந்தாலும் விழுவான். புறச் செவியுள் தண்ணீரைப் பீச்சல் என்ற விந்தையான சோதனையைச் செய்யலாம். சோதனைக் குட்பட்டவருக்கு, அது இதமாயிருக்காது தான். எனினும், தெரியற் செய்கைக்குத் தொண்டு செய்கிறோம் என்ற உற்சாகத்தில், அவ்வேதனையைப் பொறுத்துக்கொள்ளலாம். காதினுள் தண்ணீர் பீச்சடிக்கப் படும்போது, அந்நீர் ஆங்குள்ள சிற்றெலும்புகளைக் குளிர்விக்கின்றது. சிக்கு வக்கிரக்குகரத்துத் திரவத்தில் எக்கலிகல் ஓட்டக்கால்கள் பயக்கப்படுகின்றன. அதில் சுழற்சி உண்டாகின்றது. உடனே, சோதனைக்குள்ளானவருக்கு கிறுகிறுப்பு தோன்றுகின்றது; குமட்டுகின்றது; மயக்கமுற்றுத் தள்ளாடுவார் ஆதரித்துப்பிடித்துக்கொள்ளாவிடின், அடியற்ற மரம்போல் சாய்ந்துவிடுவார். வளைகுழாய்கள் பொருந்தியுள்ள சஞ்சிவரமம் (ஸாக்யூல்-**Saccule**) என்ற அமைப்பு, அள்கிராவமிறுத்தி (ஆடோலித்-**Otolith**) என்ற மற்றொரு உறுப்பையும் கொண்டுள்ளது. அள்கிராவமிறுத்தி (ஆடோலித்து), வலிமையொன்று எவ்வாட்டத்திலிழுக்கின்றது என்பதை உணர்த்தும் கருவி. அது கூழியலான (கிலாடினிஸான) பொருளினலான சிறு முத்தை. அது, பெரும் பகுதியில் கால்ஷியம் கார்பனேட்டாலானது. அதில் மெல்லிய நரம்பு இழைகள் நாட்டப் பட்டுள்ளன. தலைகீழாய்த் தொங்கினல், ஆடோலித்துகள் நரம்பு இழைகளை இழுக்கின்றன, தலைமேலாய் இருக்கும்போது அவை, நரம்பு இழைகளை அழுக்குகின்றன. அதனல், தலையாட்டமில்லாதபோதுங்கூட, தலை, கால் நிலைமை சரியாயுள்ளதா, அன்றி, இல்லையா, என்ற செய்தி மூளைக்கு எட்டுகின்றது. கெண்டைமீன்களும், இறுக்களும் இன்னும் பல சிறு ஜந்துகளும், ஆடோலித்து அமைப்புடனுள்ளவை. சிலவகை இறுக்களில், தலை வாட்டத்தில்,

நரம்பு நார் நுனிகள் சில சேரும் சிறு குழியிடம் இருக்கும். அதில் ஒன்றிரண்டு மணல் தினைகள் இருப்பன. இவையே அதன் ஆடோலித்துகள். அந்த ஜந்துக்கள் தோல் செதிள் முதலியவற்றை அவ்வப்போது உரிக்கின்றவை. அவற்றை உரிக்கும்போது, ஆடோலிட் பகுதியின் தோலும் உரிக்கப்பட்டு, அம் மணல் தினைகள் அகற்றப்படுவன. காலியான குழியில், அவை வேறு மணலை அமைத்துக்கொள்கின்றன. சமத்தான உறவியணிச்செய்கையோர் (பயாலஜிஸ்ட்-**Biologist**) ஒருவர், சில இருக்கன் தோலுரிக்கும் தருணம் பார்த்து, அவற்றின் ஆடோலித்துக் குழிகளில் மணலுக்குப் பதிலாய் இருப்புப் பொடியை வைத்து விட்டார். அவ்விருக்களை தொட்டிநீரில் விட்டார். நீர்மட்டத்திற்குச் சற்று மேலே வலிமையான காந்தச் சட்டயொன்றைத் தொங்கவிட்டார். இருப்புப் பொடி காந்தயினால் மேல்வாட்டமாய் இழுபடும் போக்கினவாய் ஆயின. வழக்கத்திற்கு விரோதமான போக்குடன் அவை இருந்தமையின், இருக்களும் முதுகு கீழும் வயிறு மேலுமாய் மல்லாந்து விழுந்து நீந்தினவாம்.



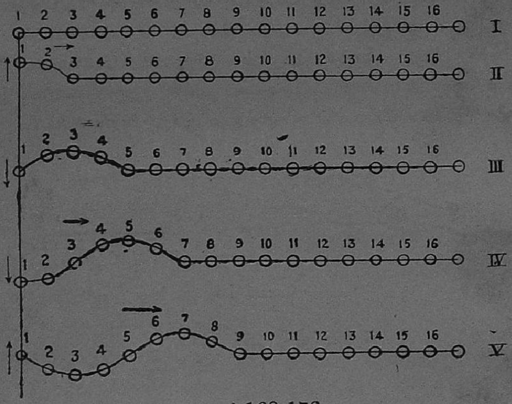
படம் 167

கயிற்றில் அலை செல்லல்

அலையியக்கத்தின் இலக்ஷணங்கள்

ஒலியலைகளையொட்டிய விஷயங்கள் சிலவற்றைக் கூறினோம். ஓரிடத்தினின்று மற்றோரிடத்திற்கு அலைகளாய் ஒலி செல்கின்றது, என ஒருவாறு அறிந்துகொண்டோம். ஓரிடத்தில் இடைவிடாது உண்டாக்கப்படும் யதிகள் இசைக்கப்பட்டு, மற்றோரிடத்தில் ஆதியிலான விளைப்பாட்டையே பயத்துமாறான நிரலுக்கு, அலையிசைப்புமுறை (வேவ் ப்ராபகேஷன்-**Wave Propogation**) என்று பெயர். அலையியக்கத்தின் முக்கியமான இலக்ஷணங்கள் எவை என முதலில் அறியவேண்டும். அவ்விலக்ஷணங்களைத் தெளிவாய்க் காணக்கூடிய வகையான அலைகளைச் கவனிப்போம். துணிகளை உலர்த்துவதற்காகக் கட்டப்பட்டுள்ள கொடிக் கயிற்றை, சிறுவர்கள் பிடித்து ஆட்டி விளையாடுவதைப் பார்த்திருக்கிறோம். நாமும் அவ்வாறே விளையாடலாம். ஒரு கம்பை தரையில் ஊன்றி நடுவோம். அக் கம்பில் நீண்ட கயிற்றின் நுனியொன்றைக் கட்டுவோம். அக் கயிற்றின் மற்றொரு நுனியைப்பற்றிக்கொண்டு, அதை நீட்டி யிழுத்துப் பிடித்துக்கொள்வோம். கையில் பிடித்துக்கொண்டுள்ள நுனியை மேலுங் கீழுமாய் இரண்டு மூன்று

தடவைகள் ஆட்டுவோம். கயிற்றில் அலைகள் அமைவதைக்காணலாம். அவ்வலைகளைக் கவனிப்போம். அலை வடிவம் இயக்கமாவதைக் காண்கிறோம். ஆயினும் கயிற்றுப் பகுதிகள் முன்னேறிச் செல்லவில்லை. கயிற்றின் ஒவ்வொரு பகுதியும், முறையே, மேலுங்கீழுமாய் ஆடுகின்றது. கயிற்று நுனியின் ஆட்டங்கள் முன்னேறுகின்றனவேயன்றி, கயிறே முன்னேறுவது இல்லை. கயிற்று நுனி ஆட்டப்படும் நிலைக் கவனிப்போம். நிலைப்பாடான இடத்தினின்று அதைச் சற்று மேலே தூக்குகிறோம். நிலையிடத்திற்கு அதை மீண்டும் கொணர்கிறோம்.



படம் 168-172

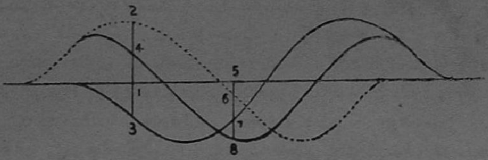
கயிற்றில் அலை செல்லும் ரீதி.

I. தொடக்கம்.
II. கால் இடைப்போதான பிறகுள்ள நிலைமை.
III. அரை இடைப்பேர்தான பிறகுள்ள நிலைமை.
IV. முக்கால் இடைப்போதான பிறகுள்ள நிலைமை.
V. ஓரிடைப்போதான பிறகுள்ள நிலைமை.
1, 2, 3, ... 16 கயிற்றுப் பகுதிகள்.

பிறகு அதைச் சற்று தாழ்த்துகிறோம். அதன் பிறகு நிலையிடத்திற்கு அதை மீண்டும் உயர்த்துகிறோம்; மறுபடியும் மறுபடியும், அவ்வாறே ஆட்டுகிறோம். அவ்வாறு ஒரு தடவை அது ஆட்டப்படல், என்ற நிரலுக்கு, 'துடிதுடிப்பு' (வைப்ரேஷன்) என்று பெயர். ஒரு துடிதுடிப்பு முடிவுற்றவுடன் அடுத்தது ஆரம்பமாகின்றது. அது முடிவுற்றவுடன் அதற்கடுத்தது ஆரம்பிக்கும். அப்படியே, தொடர்ந்தவாறு, ஏற்படும். எனவே, ஒரு துடிப்புதுடிப்பு ஆரம்பமான நேரத்திற்கும், அதற்கடுத்தது துவங்கும் நேரத்திற்குமான இடைநேரம்

மாறுதவளவினதாயிருப்பின், அது துடிதுடிப்பின் இடைப்போது (பீரியட் ஆப் வைப்ரேஷன்—**Period of Vibration**) எனப்படும். அதை யொட்டி நடந்தேறும் ஆட்டத்திற்கு, இடைப்போதிய இயக்கம் (பீரியாடிக் மோஷன்—**Periodic Motion**) என்று பெயர். இடைப்போதிய இயக்கத்தை யொட்டி, ஒரு ஸெகண்டில் ஏற்படும் துடிதுடிப்புகளின் எண்ணிக்கை வேறுபடாதிருக்குமாயின், அத்தொகை யெண்ணுக்கு, 'துடிதுடிப்பு நேரவீதம்' ரேட் ஆப் வைப்ரேஷன்—**Rate of Vibration**) அல்லது துலித நிரல்மானம் (ப்ரீக்வன்ஸி—**Frequency**) என்று பெயர். இடைப்போது 10 ஸெகண்டானல், துலித நிரல்மானம், $\frac{1}{10}$ என்றாகும்; இடைப்போது $\frac{1}{100}$ ஸெகண்டானல், துலித நிரல்மானம் 100 என்றாகும். இடைப்போதும், துலிதநிரல்மானமும், முறையே ஒன்றுடனென்று மிசைத்தாழ் மலேவானவை (ரெஸிப் ரோகலானவை-**Reciprocals**) எனப்படுவன. கயிற்றின் நுனியை அதிக வளவு உயர்த்தி, அவ்வளவே தாழ்த்தி ஆட்டலாம்: அன்றி, சிறிதுயர்த்திச் சிறிது தாழ்த்தியும் ஆட்டலாம். இவ்வாறு ஆட்டத்தின் வீச்சுகள், முறையே, பல்வேறு வளவினவையாயிருக்கலாம். நுனி, நிலேப்பிடத்தினின்று, நகர்த்தப்படும் எல்லேத் தூரம், துடிதுடிப்பின் 'வீச்சுவரைவு' (ஆம்ப்ளிட்யூட்—**Amplitude**) எனப்படும். கயிற்றின் நுனியைச் சற்று தூக்கும்போது, அதற்கடுத்த பகுதி, உயரும் தறுவாயிலிருக்கும். கயிற்றின் நுனியை இன்னும் சற்று உயர்த்தும் போது அடுத்த பகுதி சற்று எழும்பும்; அதற்கடுத்தது எழும்தறுவாயின தாகும். இப்படியே ஆட்டம், தொடர்ந்தவாறு முன்னேறும். கயிற்றின் நுனி ஒரு தடவை துடிதுடிப்புற்றபோது, கயிற்றில் ஒரு முழு அலேயின் வடிவம் ஒண்ணலாகும். அவ்வடிவம் கயிற்றின் நுனி ஆட்டப்படும் விதத்தைப் பொருத்தானதாயிருக்கும். கயிற்றின் நுனியை ஒரே சீராய் மேலுங் கீழுமாய் ஆட்டினல் ஒருவாறான வடிவம் தோன்றும். இடைப்போது வேறுபடாதவாறு, கயிற்று நுனியை மெதுவாய்த் தூக்கிச் சடீரெனத் தாழ்த்திப் பிறகு மெள்ள உயர்த்தினல், அலேவடிவம் வேறான வாறிருக்கும். ஆட்டம் எவ்வகையினதாயினும், முதல் அலே முடியும் இடத்துக் கயிற்றுப் பகுதி, இயக்கமுறையைப் பொருத்தவரை, கயிறு ஆட்டப்படும் நுனியின் நிலேமையிலுள்ளது. கயிற்று நுனியின் இரண்டாவது துடிதுடிப்பும், அலே வடிவ முடிவிடத்துக் கயிற்றுப் பகுதியின் முதலாவது துடிதுடிப்பும், முற்றும் ஒத்தனவாய் இருப்பன. அப் பகுதியும் நுனியும், ஒரேவாறு 'பார்கவிதம்' (பேஸ்-**Phase**) ஆனவை, எனப்படுவன. ஒரு துடிதுடிப்புக்கான இடைப்போதில் ஆட்டத்திவளல் நுனியினின்று அக் கயிற்றுப் பகுதிவரை இசைக்கப்பட்டுள்ளது. நுனிக்கும் அப்பகுதிக்கும் இடையான தூரம் 'அலேநீளம்' (வேவ் லெங்த்-**Wave length**) எனப்படும். அவ்வளவான தூரத்திற்கு ஆட்ட மிசைக்கப்படுவதற்கு, ஒரு துடிதுடிப்பு இடைப்போதான நேரம் பிடித்திருக்கிறது. எனவே, அலேயியக்கத்தின் வேகம், அலே நீளத்தை, இடைப்போதால்

வகுப்பதால், பெறப்படும் ஈவிளளவினதாகும். இடைப்போது துலித நிரல் மானத்தின் மிசைத்தாழ்மலைவானமையின், அலையியக்கவேகம், அலை நீளத்தை துலிதநிரல் மானத்தால் பெருக்குவதால் பெறப்படும் பெருக்கெண்ணினளவின தாகும். இடைப்போது, அரை ஸெகண்டெனவும், அலை நீளம் இரண்டடி எனவும் கொள்வோம். அலையியக்கவேகம், $2\frac{1}{2}$ = ஸெகண்டிற்கு, 4 அடி. துலித. நிரல்மானம், $1\frac{1}{2} = 2$. எனவே அலையியக்க வேகம், ஸெகண்டிற்கு, $2 \times 2 =$ 4 அடி. மேற்கூறியவாறுன அலைகள், குறுக்குப்புரமேகுவியல் (ட்ரான்ஸ்வர்ஸ் புரோக்ரிஸிவ்-**Transverse progressive**) அலைகள் எனப்படுபவை.



படம் 173

அலைகளின் சேணுடங்குபாடு
(**Superposition of Waves**)

மெல்லியகோடு முன்செல்லும் அலையைக் காட்டுகின்றது.
இடைவெளியிட்டகோடு பிரதிபலிப்பு அலையைக் காட்டும்.
தடித்தகோடு சேணுடங்குபாடு அலையைக் காட்டும்.

1—3, 5—7 } முன்செல்லும் அலையின் விலக்கங்கள் (**Displacements**)
1—2, 5—6 } பிரதிபலிப்பு அலையின் விலக்கங்கள் (**Displacements**)
1—4, 5—8 } சேணுடங்குபாடு அலையின் விலக்கங்கள் (**Displacements**)

கயிற்றின் நுனியை ஒரு தடவை மேலுங்கீழுமாய் ஆட்டி நிறுத்திக் கொள்வோம். கயிற்றின் வழியே ஓரலை இகைக்கப்பட்டு, கம்பில் அது கட்டப் பட்டுள்ள நுனிவரை சென்றுவிட்டு, போனவழியாகவே திரும்பிவருகின்றது.

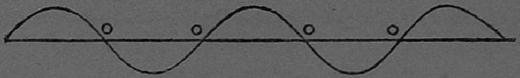
அசையவியலாது கட்டப்பட்டுள்ள அந்நுனியிடத்தில்

சேணுடங்குபாடு அலைகள் அலை பிரதிபலிக்கப்பட்டு மீள்கின்றது. மற்றொரு

சோதனை செய்யலாம். முன்போலவே, கயிற்றின்

நுனியை ஒருதரம் ஆட்டி நிறுத்துவோம். அவ்வலை, கயிறு கட்டப்பட்டுள்ள நுனியில் பிரதிபலிக்கப்பட்டு திரும்பிவந்துகொண்டுள்ளபோது, கையில் பிடித்துக் கொண்டுள்ள நுனியை மற்றொருதடவை ஆட்டுவோம். இவ்வலை கயிற்றில் முன்

னேறிச்செல்லும். இரு அலைகளும் முறையே, ஒன்றையொன்று நோக்கி வந்து கொண்டுள்ளதைக் காணலாம். இரண்டும் கயிற்றுப் பகுதியொன்றில் சந்திக்கின்றன. அப்பகுதி, ஒரே தருணத்தில் இருவகைகளில் ஆடமுடியாது. எனவே, ஆங்கு இருவலைகளும் ஒருங்கே கூடியதனாலான ஓரலை அமைகின்றது. அதன் வடிவம், முறையே, அவ்விரு அலைகளினவற்றினின்றும் வேற்றுமையானதாய் இருக்கும். இவ்வாறு, ஈரலைகள் பயினியாதலையொட்டித்தோன்றும் ஓரலைக்கு, சேணுடங்கு பாட்டலை (ஸுபர்போஸ்டு வேவ்-Super posed Wave) என்றும், அந்திரலுக்கு 'சேணுடங்குபாடாதல்' (ஸுபர் பொஸிஷன்-Super position(என்றும் பெயர். அதன்பின், அவ்விரு அலைகளும் தத்தம் வழியேசெல்கின்றன' இம்முறையை யொட்டி, பல அலைகளும் சேணுடங்கு பாடாகலாம்.



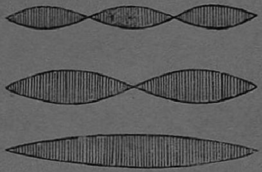
படம் 174

கயிற்றலை செல்லுகை
0, 0, 0, 0—கிலமகங்கள் (Nodes)

இன்னொரு சோதனை செய்யலாம். கையில் பிடித்துள்ள நுனியை ஆட்டிக் கொண்டே இருப்போம். கயிறு எப்படி வேண்டுமாயினும் ஆடட்டும். துடி துடிப்பு இடைப்போது, முறையே, வேறுபட்டு வருமாறு, பலவகைகளில் ஆட்டிப்பார்ப்போம். தக்க வாறுன இடைப்போது அமைந்தவுடன், கயிறு இரட்டை வில்வளைவு வடிவமான பல கண்ணிப் பகுதிகளாய் (லூப்களாய்-Loops) ஆனவாறு துடிதுடிக்கும். கயிற்றைச் சற்று வேகமாய் ஆட்டினுல், அது தாறுமாருய் ஆடும். வேகத்தை படிப்படியாய் அதிகமாக்கிக் கொண்டேபோனுல், மற்றொரு தக்க இடைப்போது அமைந்து, கயிறு கண்ணிகளாய் ஆனவாறுத் துடிதுடிக்கும். கண்ணிகளை எண்ணிப் பார்த்தால் முன்னிருந்ததைவிட இப்போது ஒரு கண்ணி அதிகமாயிருக்கும், எனக் காண்போம். கயிற்றின் சில இடங்கள் அசைவற்றுள்ளன. அவை 'கிலமகங்கள்' (நோடுகள்-Nodes) எனப்படுகின்றன. கண்ணியொன்றில், இடத்திற்கு இடம் வீச்சுவரைவுகள், முறையே வேற்றளவுகளாயுள்ளன. ஒவ்வொரு கண்ணியிலும், முறையே, வீச்சுவரைவு மற்ற பகுதிகளிலானதைவிட அதிகமாயுள்ள இடப்பகுதி 'நிகிலகம்' (ஆண்டிநோடு-Antinode) எனப்படும். நிகிலகங்கள், ஒவ்வொன்றும் அதனதன் கண்ணியின் சரிமையத்தில், முறையே, இருப்பவை. மேற்கூறப்

துறுக்கி நைந்தி கிதித்தலணி அலைகள்

பட்டவாறன துடிதுடிப்புக்கு, குறுக்கைத் திதித்தலணி துடிதுடிப்புகள் (ட்ரான்ஸ்வர்ஸ் ஸ்டேஷனரி வைப்ரேஷன்கள்-**Transverse Stationary Vibrations**) என்றும், அவற்றை யொட்டி ஒண்ணலாகும் அலைகளுக்கு 'குறுக்கைத்திதித்தலணி அலைகள்' (ட்ரான்ஸ்வர்ஸ் ஸ்டேஷனரி வேவ்கள்-**Transverse stationary waves**) என்றும் பெயர். கயிற்றின் வழியே புரமேகுவியல் அலைகள் இசைக்கப் பட்டுக்கொண்டுள்ளபோதாயினும், சரியே, கயிற்றில் திதித்தலணி அலைகள் ஒண்ணலாயுள்ள போதாயினும், சரியே, அலை செல்லும் வேகம், முறையே, கயிறு இழுப்படும் வலிமையையும், கயிற்றின் செறிவையும், அதன் குறுக்களவையும் பொருத்து இருக்கும். அலை செல்லும் வேகம், அலை நீளத்தை யாவது, துலிதநிரல்மானத்தையாவது பொருத்துள்ளதன்று. எனவே, கயிறொன்று வேண்டியவளவு நீளமாயுள்ள வரை, அதன் வழியே இசைக்கப்படும் புரமேகுவியல் அலைகளின், அலை நீளங்களும், துலித நிரல்மானங்களும், முறையே, எவ்வளவாகவேனும் இருக்கலாம். ஓரளவு நீளமான கயிற்றில்



படம் 175-177

துடிதுடிப்புச் செப்பங்கள் (Nodes of Vibration).

திதித்தலணி அலைகள், பொருந்தவேண்டுமாயின், அவ்வலைகள், ஒன்று-இரண்டு-மூன்று, என முறையேயான முழு எண் தொகையினவான கண்ணிகளாயே அமைவனவாதலின், அலை நீளங்கள், முறையே, கயிற்றின் நீளத்தைவிட இருமடங்காகவாயினும், அன்றி அதற்கு நிகராகவாயினும், அன்றி அதில் முறையே, மூன்றிலிரண்டு பங்கு-அரைப்பங்கு ஐந்திலிரண்டு பங்கு-மூன்றிலொரு பங்கு-எழிலிரண்டு பங்கு-காற் பங்கு-முதலானவையாகவேனும், இருக்க வேண்டும்; அலை நீளங்கள் முறையே திட்டமானவாறுள்ளமையின், துலித நிரல் மானங்களும், முறையே அவற்றை யொட்டியவாறே வேறுபடலாம்; அவை எவ்வளவாகவேனும் இருக்கவொட்டாதன. அலை நீளம் கயிற்றின் நீளத்தைவிட இருமடங்காயுள்ளபோது, கயிற்றில் ஒரு கண்ணியே அமையும்; அலை நீளமும் கயிற்றின் நீளமும் நிகராயுள்ளபோது, ஒரு முழு அலை, அதாவது இரண்டு கண்ணிகள் அமைவன; அலை நீளம் கயிற்றின் நீளத்தில் மூன்றிலிரண்டு பங்கானல், மூன்று கண்ணிகள் அமைவன; அரைப்பங்கானல், நான்கு கண்ணிகள்; ஐந்திலிரண்டு பங்கானல், ஐந்து கண்ணிகள்; மூன்றிலொரு பங்கானல்,

ஆறு கண்ணிகள், எழிலிரண்டு பங்கானல், எழு கண்ணிகள்; காற் பங்கானல், எட்டு கண்ணிகள், என, முறையே அதிகரித்தவாறு கண்ணிகள் அமைகின்றன. அலை நீளங்களை யொட்டியவாறு, முறையே, துலித நிரல்மானங்களும் வேறுபடுபன. கயிற்றில் ஒரு கண்ணியமைந்துள்ளபோது, அதன் துலித நிரல்மானத்தை, 'துரி' எனக் குறிப்பிடுவோம். இரண்டு கண்ணிகளுள்ளபோது, துலித நிரல்மானம், '2 துரி' ஆகும்; மூன்று கண்ணிகளை யொட்டி, '3 துரி' ஆகும். இவ்வாறு முறையே அதிகமாகும். ஆகவே, திட்டமான இத்துலித நிரல்மானங்களானவாறு, முறையே, கயிறு ஆட்டப்படும்போதே, அதில் திதித்தலணி அலைகள் தோன்றுகின்றன; மற்றனபோது அவை ஒண்ணலாவதில்லை. ஒரு கண்ணியை யொட்டியான துலித நிரல்மானம், கயிற்றின் அடிப்படைச் செப்பம் (பண்டமெண்டல் மோடு-**Fundamental Mode**) எனப்படும். மற்றவை 'ஒருங்கியைபுச் செப்பங்கள்' (ஹார்மானிக் மோடுகள்-**Harmonic modes**) எனப்படுகின்றன. ஒருங்கியைபுச் செப்பங்களுக்கான துலிதநிரல் மானங்கள், முறையே, அடிப்படைச் செப்பத்திற்கானதின் பன்மடங்குகளாய் (மல்டிபிள்களாய் **Multiples**) இருப்பன. கயிற்றில் எற்படுவதைப்போலவே, மற்ற மீள்விறலியலினவான (எலாஸ்டிக்கான) திடப்பொருட் கம்பிகளிலும், அலையியக்கம் உகளலாகும்.

சலசலப்பு அலைகள்

திரவங்கள் உருவமீள் விறலியலினவையன்று. அவற்றில் மேற்கூறப்பட்டவாறன குறுக்கை அலையிகைப்பு நடைபெறல் இயலாது. திரவங்களில், முறையே, நிலக்கவர்ச்சியையும் பரப்பு ஆர்த்திகலையும் (ஸர்பேஸ்டென்ஷனையும், யொட்டிய விளைப்பாடுகளாய் (எபக்டுகளாய்) அலைகள் பயத்தப்படுகின்றன. பாத்திரங்களில் ஊற்றப்பட்டுள்ள திரவங்களின் மேற்பரப்புக்களிலும் குளங்குட்டைகள் முதலான சிறு நீர்நிலைகளின் மேற்பரப்புக்களிலும் தோன்றுமாறன சலசலப்பலைகளில் (ரிப்பிள்களில்-**Ripples**) பரப்பு ஆர்த்திகலின் பாற்பட்ட விளைப்பாட்டளவு அதிகமாயும், நிலக்கவர்ச்சியை யொட்டிய விளைப்பாடு மிகச் சிறிதளவாயும் உள்ளன. கடற்கொந்தளிப்பான பேரலைகளில் நிலக்கவர்ச்சியின் பாற்பட்ட விளைப்பாட்டினளவு அதிகமாயும் பரப்பு ஆர்த்திகலினதை யொட்டியவளவு மிகக்குறைவாயும் உள்ளன. தொட்டியில் நீரை நிரப்புவோம். நீரின் பரப்பு அமைதியாயுள்ளது. தொட்டியின் ஓரத்திலுள்ள நீரை ஒரு சட்டத்தால் மேலுங்கீழுமாய் அசைப்போம். நீர்ப்பரப்பில் சலசலப்பலைகள் உண்டாகின்றன. அவை இகைக்கப்படும் திக்கு, நீரோட்டத்தினதற்குக் குறுக்கையிலானதாயுள்ளது. எனவே இவ்வகை அலைகளும் குறுக்கை இகைப்பானவையே. ஆயினும் அதில் நெடுக்கைத்திவளலும் சிறிதளவு உள்ளது. அவ்வாறன அசைவு இல்லாவிடின், வெளிவாட்ட வளைவாயுள்ள நீர்ப்பகுதிகளின் கீழுள்ள இடங்கள் குழிவிழுந்திருக்கவேண்டும்; உள்வளைவான பகுதினினடி

யிலுள்ள நீர் அவற்றை அமுக்கிக்கொண்டிருக்கவேண்டும். ஆனால், அவ்வாறில்லை யெனக் காண்கிறோம். எனவே, குழியிடங்களில் நீர் பாய்ந்திருக்கவேண்டும்; உள் வளைவான பகுதிகளின் மீதுள்ள இடங்களும் மற்ற பகுதிகளினின்று ஓடின நீரால் நிரப்பப்பட்டிருக்கவேண்டும். நீரின் பரப்பு ஆர்த்திகலை யொட்டியும், அந்நீர்ப் பகுதியின் கனத்துக்கான பக்கவாட்டவழுக்கத்தை யொட்டியும், நீர்ப் பகுதிகள் பெயர் வாகின்றன. நாமசைக்கும் நீர், பரப்பினருகிலுள்ள மிகச் சிறு பகுதியானதேயாம். அதன் நிறை அதிகமன்று. நீரின் கனத்தையொட்டிய அசைவு மிகச் சிறிதளவானது. அதாவது, நிலக்கவர்ச்சியின் பாற்பட்ட விளைப் பாடு (எபக்ட்) மிகமிகக்குறைவானது, ஆதலின், நீர்ப்பகுதியின் அசைவு பரப்பு ஆர்த்திகலையொட்டிய விளைப்பாடானதொன்றே யெனலாம். நிலக் கவர்ச்சியையொட்டிய அசைவு எவ்வளவாயிருக்கும் எனவும், பரப்பு ஆர்த்திகலை யொட்டியானது எவ்வளவினது எனவும் கணக்கிட்டுப் பார்க்கும்போது, 1·726 செ. மீ. என்றதைவிடக் குறைந்த நீளமான அலைகள் உண்டாகும்போது, அவை பரப்பு ஆர்த்திகலை யொட்டியேயானவை எனவும், அவ்வளவைவிட அதிக நீளமானவை எழும்போது, அவை நிலக்கவர்ச்சியை யொட்டியே யானவை எனவும் கொள்ளலாம், எனத் தெரிகின்றது. 1·726 செ. மீ. என்றதைவிட குறைந்த அலை நீளமானவை, சலசலப்பலைகள் (ரிப்பிள்கள் **Ripples**) எனப் படுகின்றன. நீரின் பரப்பு ஆர்த்திகல் (ஸர்பேஸ்டென்ஷன்) எல்லா வாட்டங் களிலும் நிகரளவினதானமையின், சலசலப்பலைகள் அசைவு எற்படும் வாட்டத் திற்குக் குறுக்கையான எல்லா வாட்டங்களிலும் பரப்பின் மீது இசைக்கப்படு கின்றன. அதனாலேயே, அவை முறையே வட்டம் வட்டமாய்ப் பரவுகின்றன. இவ்வாறான குறுக்கை அலையிசைப்பு, திடப்பொருளாலான கம்பிகளிலும் கயிறு களிலும் எற்படும் குறுக்கை அலையிசைத்தலினின்று வேறுபட்ட வகையானது சலசலப்பலைகள் பாத்திரத்தின் பக்கங்களையாவது, குளத்தின் கரையையாவது முறையே, மோதி, பிரதிபலிக்கப்பட்டனவாய் ஆகின்றன. பிரதிபலிக்கப்பட்டு மீளும் அலைகள், முன்னேறும் அலைகளை சந்திக்க நேர்ந்தபோது, சேணுடங்கு பாடானவையாய் ஆகின்றன.

கடலில் எழும் பேரலைகள், நீரின் பெரும்பகுதிகள் அசைவுறலையொட்டி, உண்டாகின்றவை. அவையேற்படும்போது, குழிகளும் அமுக்கவிடங்களும் இல்லாமலிருப்பதற்கென நேரிடும் நீர்ப்பெயர்ச்சி யசைவுகள், முக்கியமாய் அப்பகுதிகளின் கனங்களையொட்டிய விளைப்பாடு

பேரலைகள்

களாம். அவ்வலைகளின் நீளங்களும் வீச்சு வரைவு களும், முறையே, நீரின் ஆழத்தையும் பொருத்துள் ளவை. புயற்காற்று அடித்துக்கொண்டுள்ளபோது, கடலின் அலைகள் எழுபது அடிகள் உயரம் வரை கூட கிளம்பலாம். அலையியக்கவேகம், மணிக்கு ஐம்பது மைல்களாய் இருக்கலாம். அப்பேரலைகளின் மீது சிற்றலைகள் ஓடிக்கொண்

டிருப்பன. சிற்றலைகளின் மீது சலசலப்பலைகள் ஊர்ந்து கொண்டிருப்பன. இவ்வாறான தொன்றினுக்கு 'தொகுப்பு அலை' என்று பெயர், கடல் அலைகளின் 'பிறங்கல்கள்' (கிரஸ்டுகள் **Crests**) எனப்படும் மேல் வாட்ட வளைவுப் பகுதிகளின் உயரத்தைவிட குறைந்தவளவு ஆழமான இடத்திற்கு அவ்வலைகள் வரும் போது, அவற்றின் 'இறங்கல்கள்' (ட்ரப்புகள் **Troughs**) எனப்படும் கீழ் வளைவுப்பகுதிகளின் அசைவு மணலால் தடுக்கப்படுகின்றது. பிறங்கற்பகுதிகள் தடைப்படாது முன்னே ஓடுகின்றன. அதன் பிறகு அலைகள் எழா. கரையின் மீது மோதியோடி அடங்கும் அலைகள் இவ்வாறானவையே. அவை 'ஒசிதல் திரைகள்' (பிரேக்கர்கள் **Breakers**) எனப்படுகின்றன. நடுக்கடலில் சாதாரணமாக காற்றின் வேகம் அலைகளின் வேகத்தைவிட அதிகமாயிருக்கும். ஆதலின் அலைகளின் மேற்பகுதிகள் காற்றால் அடித்துக்கொண்டு போகப்பட்டு, மற்ற அலைப்பகுதிகளைவிட அதிகமாய் முன்னேறிச் செல்கின்றன. இப்பகுதிகள் வெண்குதிரைகள் (**white horses**) எனப்படுகின்றன.

படம் 178

தொகுப்பு அலை

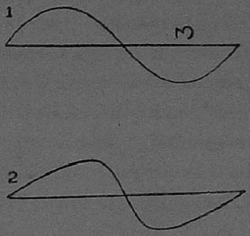
கடலின் அலைகளும் சலசலப்பு அலைகளும் மேற் கூறப்பட்டவாறு, பல வகையான இயக்கவலிமைகளையொட்டி உண்டாகின்றவை. ஆயினும், அவை அலையியக்க முறையையொட்டிய முக்கிய இலக்ஷணங்கள் பொருந்தியுள்ளவையே. குளத்துநீரில் சலசலப்பலைகள் உண்டாதலால், நீர்ப்பகுதிகள் பரவலாவதில. அலையியக்கமே பரவுகின்றது. சலசலப்பலைகள் பரவிக்கொண்டுள்ளபோது, நீரில் மிதந்துகொண்டிருக்கும சிறு வஸ்துக்களைக் கவனித்துப் பார்த்தால், அவை, அலையுடன் முன்னேறாமல், தாம் கிடக்கும் இடங்களிலேயே தத்தளித்துக்கொண்டுள்ளன, எனக்காண்போம். கடலலைகளிடையும் அவ்வாறே வஸ்துக்கள் முன்னேறாமல் துள்ளிக்கொண்டிருத்தலைக் காணலாம். அலையிகைப்புடன் கூட, காற்று முதலான வேறு வகையான இயக்கங்களும் சேர்ந்துள்ளமையின், அவற்றால் அடித்துக்கொண்டு போகப்படும் நீர்ப்பகுதிகள் அலையியக்கத்தையொட்டி முன்னேறியவாறு காணப்படுகின்றன. அவ்வாறு காற்று முதலியவற்றால் இரட்டப்பட்டு இடம் பெயர்ந்துசெல்லும் நீர்ப்பகுதியினளவு, அலையியக்கம் பரவியுள்ள முழு நீரினளவில் மிகமிகச்சிறிதான பங்கேயாம்.

கடல் நீரெல்லாம் அடித்துக்கொண்டு வரப்பட்டு அது கரைகளின் மீது குவிவதில்லை. நீரலைகள், அலையிசைத்தல் முறையையொட்டிய முக்கிய இலக்ஷணங்களில் ஒன்றான ‘தான் இடம் பெயராது, இடைப்போதான அசைவை மட்டுமே இசைத்தல்’ என்றது பொருந்தியவை, என, அறிந்துகொண்டோம். வீச்சு வரைவு அலைநீளம் துலிதசிரல்மானம் என்ற மற்ற முக்கிய அளவுத்தகவுகளுடன் நீரலைகள் கூடியவையே, எனவும் காண்கிறோம். அவ்வலைகள் பிரதிபலிக்கப்பட்டு மீளலாம். பல அலைகள் ஒருங்கே சேனுடங்குபாடாகலாம். நீரலைகள் பலவியக்கங்களையொட்டின விளைப்பாடுகளானமையின், அவை, அலையிசைத்தல் முறையின்பாற்பட்ட முக்கிய இலக்ஷணங்களை தெளிவுற எடுத்துக்காட்டற்கேற்றவாறான எளிய வகையினவையன்று. ஆயினும், அலையெனும்போது, நீலக்கடல் திரைகளின் காட்சியே, அகக்கண் முன்நிற்பது. ஆதலின் அவற்றைப்பற்றிச் சற்றேனும் கூறாது விடுக்க மனந்துணியவில்லை. அலையின் இலக்ஷணங்களை, வேறு பலவற்றின் சிக்கலின்றி விளக்க, கயிற்றலைகளே ஏற்றவை.

நீரில் செல்லும் பொருளின் முன் ஏற்படும் சிற்றலைகளும், அவற்றையொட்டியான எதிர்ப்பும்.

படகுகள் முதலானவை நீரினூடே செல்லும்போது, அவை போகும் வேகத்தையொட்டி, படகின் முன்வாட்டத்தில் சிற்றலைகள் ஏற்படுகின்றன. நீரோட்டத்திற்குக் குறுக்கானவாறு ஒரு பலகையை வைத்தால், நீர் அதை மோதும் இடத்தில் சிற்றலைகள் உண்டாகின்றன. அச்சிற்றலைகள் பயத்தப்படற்கென்றான காரணம் ஒரு பொருள் நிலைப்பாகவும், மற்றொன்று அதை மோதிக் கடந்து சென்றுகொண்டிருத்தலையும் யொட்டியது. ஆதலின் வஸ்து நிலைப்பாகவும் அதன் முன்புறத்தை மோதியவாறு நீர் சலனமாக முள்ளபோது, சிற்றலைகள் உண்டாதற்கான விளக்கமானால், அம்முறையை யொட்டியே, நிலையான நீரினூடே வஸ்து செல்லும் போது சிற்றலைகள் எழுதற்கான காரணம் எதுவென அறிந்துகொள்ளலாம். வஸ்துவின் முன்புறத்தை மோதும் நீரின் ஓட்டம் தடைப்படுகின்றது. அந்நீர், வஸ்துவின் முன்புறத்தில் குவிக்கப்பட்டவாறு எழும். நீர்ப்பரப்பு உள்வளைவினதாயாகின்றது. பரப்பு ஆர்த்திகலையொட்டி, பரப்பின் கீழ்ப்புறத்து அமுக்கம் குறைகின்றது. அதைச் சீராக்குவதற்கென, நீர்ப்பகுதியொன்று நீரோட்டத்தினதற்கு எதிர்த்திசையானதை நோக்கிப் பாய்கின்றது. இவ்வாறு சிற்றலையொன்று துவக்கமாகின்றது. வஸ்துவின்மீது பட்டுள்ள நீர் நிலையாயுள்ளது. ஆதலின், ஆங்கே அலையியக்கம் துவங்குகின்றது. அங்கிருந்து நீரோட்டத்திற்கு எதிர்முகமாய் அலைகள் இசைக்கப்படுகின்றன. வஸ்துவின்மீது பட்டுள்ள நீர்ப்பகுதியின் ஓட்டம் முற்றும் தடைப்பட்டுள்ளதால்,

ஆங்கு நீர் வேகமற்றது. அங்கிருந்து முன்னே செல்லச் செல்ல, நீரோட்ட வேகம், கிரமமாய் அதிகரித்து வந்து, வஸ்துவினின்று ஓரளவு தூரத்திலுள்ள இடத்தில் தன் முழு வேகமானதாயாகின்றது. அலையியக்க வேகம், அலை ஆரம்பமாகும் இடத்தில் நீரோட்டத்து முழு வேகத்தினளவினதாயும், அதற்கு எதிர்முகமான திக்கினதாயும் உள்ளது. அலை முன்னேற, ஏற, அது செல்லும்



படம் 179 180

அலையன்ன வடிவ வேறுபாடு 1, 2, இருவகை வடிவங்கள்.

திக்கிற்கு எதிர்முகமான வேகம் (அதாவது நீரோட்டவேகம்), முறையே, அதிகமாகிப் போகின்றது. எனவே அலையியக்கவேகம், போகப் போக, முறையே, குறைவாகின்றது. நீரின் வேகம், அதன் முழு வளவானதாயாகும் இடத்தில், அலையியக்கம் வேகமற்றதாகின்றது. அதற்குமேல் அலைகள் இசைக்கப்படுவதில. அவ்விடம் வரையில் சிற்றலைகள் ஓடியிருப்பன. வஸ்துவின் முன் வாட்டத்தில் அவ்விடம் வரையில் ஓடியுள்ள சிற்றலைகளின் 'திதித்தலணி அலைபொருவ சந்தம்' (ஸ்டேஷனரி வேவ் பாட்டர்ன் **Stationary Wave Pattern**) அமையும். நீரோட்ட வேகத்தளவு அதிகமாயிருப்பின், அலையியக்கத்தின் துவக்க வேகத்தினளவும் அதிகமாயிருக்கும். எனவே அலையியக்கம் வேகமற்றதாயாகும் இடம் வஸ்துவின் முன் புறத்திலிருந்து அதிக தூரத்திலிருக்கும். அலைபொருவ சந்தம், அதிக தூரம் ஓடியிருக்கும். மேற்கூறப்பட்டதையொட்டி, நிலையான நீரினூடே வஸ்துவொன்று செல்லும்போது, அதன் முன் வாட்டத்தில் சிற்றலைகள் ஏற்படற்கான காரணம் என்ன என்பதை அறிந்து கொள்ளலாம். அவ்வலைகள் வஸ்து செல்லும் திக்கிற்கு எதிர்முகமாய் இசைக்கப்படுவன. வஸ்துவின் முன்புறப்பரப்பு பெரிதாக, ஆக, சிற்றலைகளும் முறையே அதிகமாய் உண்டாகின்றன. அவை அதிகமாய் ஏற்படாமலிருத்தல் வேண்டுமாயின், நீரில் செல்லும் வஸ்துவின் முற்பகுதி கூம்பியதாயிருத்தல்வேண்டும், சுழல்கள் அதிக

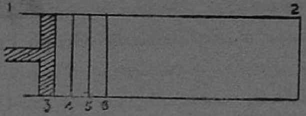
மாய் ஏற்படாமலிருக்கவேண்டுமாயின், முன்புறம் வட்டவளைதட்டைவடிவாய் இருத்தல்வேண்டும், என முன் அத்தியாயத்தில் கூறியுள்ளோம். இருவிளைப் பாடுகளையும் யொட்டியான முடியல் எதிர்வலிமை, இயன்றவரை குறைந்திருப்பதற்கானவாறு, படகுகள் முதலானவற்றின் முற்பகுதியின் வடிவம் அமைக்கப்படும். சிற்றலைகளின் எதிர்ப்பு வஸ்துவின் முன்புறப்பரப்பினளவைப் பொருத்தவாறுள்ளது. சுழல்களின் எக்கல் வஸ்துவின் முன்புற வடிவமைப்பைப்பொருத்தவாறுள்ளது. படகுகள், கப்பல்கள் முதலானவற்றின் முன்புற வடிவம் சுழல்களின் எதிர்ப்பைக் குறைப்பதற்கானவாறு அமைக்கப்பட்டால், பரப்பு பெரிதாகும். சிற்றலைகளையொட்டிய எதிர்ப்பு அதிகமாகும். இவ்வெதிர் வலிமையினளவு சுழல்களினாலாவதைவிடப் பன்மடங்கு அதிகமானது. ஆதலின் கப்பல்கள், முதலானவை முன்நுனி கூம்பியவடிவினவாய் கட்டப்படுகின்றன. நீரினூடே சிறு படகுகள் செல்லும்போது உண்டாகும் சிற்றலைகள், பொதுவாக பரப்பு ஆர்த்திகலை யொட்டியானவையே. கப்பல்களின் முன்புறப் பரப்புகள் மிகப் பெரிதானவை. கப்பலொன்று கடல் நீரைப் பிளந்துகொண்டு செல்லும்போது, அதன்முன் பரப்பின்மீது உள்வளைந்து குவியும் நீரின் கனம் அதிகமாயிருக்கும். அமுக்கம் சீராக்கப்படுவதற்கென பாயும் நீரின் கனமும் அதிகமாயிருக்கும். ஆதலின் கப்பலினோட்டத்தை எதிர்க்கும் அலைகள் முக்கியமாய் நிலக்கவர்ச்சியை யொட்டி யுண்டாகின்றவை. எனவே, முன்புறம் கூம்பியவாறே கப்பல்கள் கட்டப்படுகின்றன. நீருக்கும் வஸ்துக்குமான ஒப்புத்தர வேகம் (ரிலடிவ்வெலாஸிடி-Relative Velocity) மணிக்கு அரைமைல் என்றதை விடக்குறைந்துள்ளபோது, சலனத்தை யொட்டிய அலைகள் ஏற்படுவதில. மேற்கூறப்பட்டவாறு உண்டாகும் அலைகள், அவற்றைப்பயத்தும் அசைவு ஏற்படும் திக்கிலேயே இசைக்கப்படுகின்றன. அவை நெடுக்கையியல் (லாண்ஜிட்யூடினல்-Longitudinal) அலைகள் எனப்படுகின்றன. மீன்கள், முதலான நீர் வாழ்வனவற்றின் முன்பரப்பு பெரிதாயில்லாதமையின், அவை அலைகளைப் பற்றிக் கவலைப்படவேண்டியதில்லை. அவை, சுழல்கள் பயத்தப்படாமலிருப்பதற்கான வடிவவமைப்பு வாய்த்தவை.

வாயுக்களில் கயிற்றலைகளைப்போன்றவையாயினும், நீரலைகளைப்போன்றவையாயினும், அமைதல் இயலாது. அவற்றினூடே இசைக்கப்படும் அலைகள் எவ்வகையானவை, என்பதைக் கவனிக்கலாம்.

வாயுக்களில் பயக்கப் படும் யதியலைகள்.

ஒரு நுனி அடைப்பாகவும் மற்றொரு நுனி திறப்பாயுமுள்ள குழல் ஒன்றை எடுத்துக்கொள்வோம். திறப்பான நுனிப்பகுதியில் ஒரு பீச்சானைப் பொருத்துவோம். அப்பீச்சானைச் சற்றுமுன் வாட்டமாய்த் தள்ளினால், அடைப்பான் நுனிவரையுள்ள காற்றுப்படலங்கள் எல்லாம், முறையே, ஒன்றின் பின்னொன்றாய், அவ்வாறே அசைகின்றன. பீச்சானைத் தள்ளினதால் உண்டான

, அழுத்தல் யதி' (கம்ப்ரன்ஷன் பல்ஸ்-**Compression Pulse**), மற்ற நுனி வரை குழாயிலுள்ள காற்றின் வழியே இசைக்கப்படுகின்றது. நாம் பீச்சானை அழுத்தும்போது, அப்பீச்சானையடுத்துள்ள காற்றுப்படலம் அமுக்கப்படுகின்றது. அதன் பருமன் குறைகின்றது. அது, தனக்கு அடுத்ததான படலத்தை அமுக்கி விட்டு தன் நிலைமைக்கு மீள்கின்றது. அப்படலம் தனக்கடுத்ததை அமுக்கி விட்டு மீள்கின்றது. அவ்வாறே, முறையே, ஒவ்வொரு படலமும் செய்கின்றது. 'அழுத்தல் யதி' அடைக்கப்பட்ட நுனிவரை இசைக்கப்படுகின்றது. ஆங்குள்ள படலம் அமுக்கப்பட்டுப்பின் தன் நிலைமைக்கு வரும்போது, தன் பின்னுள்ள படலத்தை அமுக்கும். அது தன்னையடுத்துப் பின்னுள்ளதை அமுக்கிவிட்டு தன் சுயநிலைமையினதாகும். இவ்வாறே, 'அழுத்தல்யதி' பின் வாட்டமாய் பீச்சான்வரை இசைக்கப்படும். காற்றுப்படலங்கள் ஒவ்வொன்றும், தாம் முன்னேறிச்செல்லாமல், யதியை இசைக்கின்றன. பீச்சானைச் சற்றுப்பின்



படம் 181

காற்றுயதியலைகள் பயத்தப்படல்.

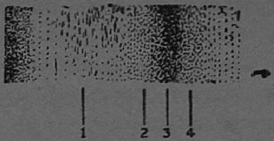
1–2—குழல்.
3—பீச்சான்.
4, 5, 6, யதி, முறையே செல்லுமாறன பகுதிகள்.

வாட்டமாய் இழுத்தால், மேற்கூறப்பட்ட முறையையொட்டி, 'விதப்பகல் யதி' (ரேரிபேக்ஷன்-பல்ஸ் **Rarefaction Pulse**), முறையே, அடைப்பான நுனி வரை இசைக்கப்பட்டதாகி மீண்டும் பீச்சானுக்கு இசைக்கப்படும். பீச்சானை முன்னும் பின்னுமாய் ஆட்டி, அவை, முறையே மாறி மாறி இசைக்கப்படுமாறு செய்யலாம். பீச்சானை முன்னும் பின்னுமாய் ஆட்டுவது, கயிற்றை மேலுங் கீழுமாய் ஆட்டுவதை ஒத்துள்ளது. காற்றுப்படலங்கள் தாமே முன்னேறிச் செல்லாமல், 'அழுத்தல்யதி' 'விதப்பகல்யதி' என்றவற்றைக் கொண்ட துடி துடிப்பை இசைக்கின்றன. அலையியக்கத்தின் முக்கிய இலக்ஷணம் மேற்கூறப் பட்டவாறுனதில் உள்ளது, எனக்காண்கிறோம். படலங்களின் அமுக்கம் முறையே அதிகமாகும்போது 'அழுத்தல்யதி' இசைக்கப்படுகின்றது. படலங் களின் அமுக்கம், முறையே, குறையும்போது 'விதப்பகல்யதி' இசைக்கப்படு கின்றது. இவை மாறி மாறி யேற்படுவது, கயிறுமுறையே மேல் வளைவாயும்

கீழ்வளைவாயும் ஆவதை யொத்துள்ளது. ஒரு ஸெகண்டில் பீச்சான் எத்தனை தடவைகள் முன்னும் பின்னுமாய் ஆட்டப்படுகின்றது என்பதை எண்ணி, அதற்கான துலிதநிரல்மானத்தை அறியலாம். பீச்சான் தள்ளப்பட்டுள்ள போது அது இருக்கும் இடத்திற்கும், நிலையான போதுள்ள இடத்திற்கும் இடையிலுள்ள தூரத்தினளவுக்கே, காற்றுப்படலங்கள், முறையே, அமுக்கப் படுகின்றன. அவ்வளவுக்கே, அவை, முறையே விரிகின்றன. எனவே அத் தூரம், துடிதுடிப்பையொட்டிய வீச்சுவரைவு (ஆம்ப்ளிட்யூட்) எனலாம். திறப் பான நுனியில் பீச்சானை ஒரு தடவை அசைத்தால், அதையொட்டிய யதிகள், அடைப்பான நுனியின் வரை உடனே செல்வனவல. அவை ஆங்கு செல்தற்கென சற்று நேரமாகும். ஒரு துடிதுடிப்பையொட்டிய இடைப் போதில், யதி ஓரளவு தூரம் வரையே இசைக்கப்படும். அத்தூரத்தை 'அலைநீளம்', எனலாம். காணவியன்ற அலைவடிவம் அமைபாது. ஒவ்வொரு படலத்திலும், அழுத்தவளவும், விதப்பகலளவும், நேரத்தையொட்டி, முறையே, எவ்வெவ்வானவாறு வேறுபட்டு வருகின்றன, என்பதை அள விடலாம். கட்டடத்தாளில் (கிராப்பேப்பரில்-**Graph Paper**) நேரவளவுகளை நீள் வாட்டத்திலும், அழுத்த வளவுகளையும் விதப்பகலளவுகளையும் குறுக்கு வாட்டத்திலும் குறிப்பிட்டு, 'தெரிப்புப் படம்' (கிராப்-**Graph**) ஒன்றை வரை யலாம். காற்றுப் படலங்களின் அசைவு குறுக்கையில் ஏற்பட இயன்றால், அலையின் தோற்றம் எவ்வாறிருக்கும் என்பதை, அத்தெரிப்புப்படம் காட்டும். அப்படி வரையப்பட்ட வரிப்படங்கள், உடன் தொடர்பு அலையன்ன படிவங்கள் (அஸ்ஸோஷியேடடு வேவ் பார்ம்கள்-**Associated Wave-Forms**) எனப்படுகின்றன. மேற் கூறப்பட்டவாறு, வாயுக்களில் அமையக்கூடிய அலை கள் 'நெடுக்கையியல்' (லாஞ்சிட்யூடினல்) அலைகளாம். இவ்வகையான அலை கள் திடப்பொருள்களிலும் திரவங்களிலுங்கூட ஏற்படலாம். இவை அழுத்த வியல் யதிகளும் விதப்பகலியல் யதிகளும், முறையே, மாறிமாறி வியாபித்தலுக் கானவை. ஒலியலைகள் இவ்வகையினவே. இவ்வகை அலைகளின் துலித நிரல்மானங்கள், முறையே, ஸெகண்டிற்கு இருபது என்றதைவிடக் குறைந்த போதும், ஸெகண்டிற்கு இருபதினாயிரம் என்றதைவிட அதிகமானபோதும், அவை செவிப் புலனாகா.

காற்றில் ஒரு வஸ்து அசைந்துகொண்டுள்ளது, எனக்கொள்வோம். அதன் துலிதநிரல்மானம் இருபதுக்கும் இரண்டாயிரத்திற்கும் இடையானதொன்று எனவும் கொள்வோம். அது அசையும்போது, தனக்கு முன்னுள்ள காற்றுப் பகுதியை அமுக்குகின்றது. அப்படலம் அழுத்தலுறும் அளவு துலிதநிரல் மானத்தினதைப் பொருத்திருக்கும். காற்று, பருமன் மீள்விறலியலானது. ஆதலின் அப்படலம் தனது சயப்பருமனுனவாறு மீள்கின்றது. அவ்வாறாகும் போது அடுத்த படலத்தை அமுக்குகின்றது. அப்படலம் அதற்கடுத்ததையும்,

அப்படியே மேலும் மேலும் தொடர்ந்தவாறு அழுத்தல் யதி இசைக்கப்படுகின்றது. இறுதியில், நமது காதின் அருகிலுள்ள படலம் அழுத்தப்படுகின்றது. செவிப்பறையில் யதி உறைகின்றது. அதன் உடன் தொடர்பானவாறு விதப்பகலியல் யதியும் உறைக்கும். காதில் ஓசை கேட்கின்றது. துடிதுடிப்பை முன்னிட்டு காற்றினூடே இசைக்கப்படும் அழுத்தவியல் யதிகளும், விதப்பகலியல் யதிகளும் மாறிமாறி முறையே பயத்தப்படுவதையொட்டியான அலைகள் காதை அடைந்தபோது, அவை செவிப் புலனாகின்றன. அசைந்துகொண்டுள்ள வஸ்துவின் துலிதநிரல்மானம் வேறுபடாமலிருந்தால், காதில் கேட்கப்படும் ஒலி, ஒரே



படம் 182

காற்றுயதியலை யிசைக்கப்படல்.

1. விதப்பகல் பகுதி.
2. அழுத்தலாலன பகுதி.
3. அழுத்தல் பகுதி.
4. அதை யொட்டி யழுத்தப்பட்டு வரும் பகுதி.

சுரமானதாயிருக்கும், துலிதநிரல்மானம் அதிகமானதாயிருந்தால், அது 'எச்சு' சுரமாயிருக்கும்; துலிதநிரல்மானம் குறைந்ததாயிருந்தால், கேட்கப்படும் ஒலி 'தக்கு' சுரமாயிருக்கும். ஒலியின் சுரத்தை (பிட்சு-Pitch) துலிதநிரல்மானத்தைப் பொருத்திருக்கும். துடிதுடிப்பின் வீச்சுவரைவை (ஆம்ப்ளிட்யூடை) ப் பொருத்தவாறு, ஒலியின் 'உரப்பம்' இருக்கும். வீச்சுவரைவு அதிகவளவானால் ஒலி உரக்கக் கேட்கும்; வீச்சுவரைவு குறைந்தவளவானால் மெல்லோசையே கேட்கப்படும். துடிதுடிப்புண்டாவதற்கான ஆட்டத்தின் வகையைப் பொருத்தவாறு அவற்றின் 'உடன்தொடர்பு அலையன்னபடிவங்கள்' இருப்பன. அவற்றையொட்டி ஒலியின் நாதத்தகவு (குவாலிடி-Quality) இருக்கும்.

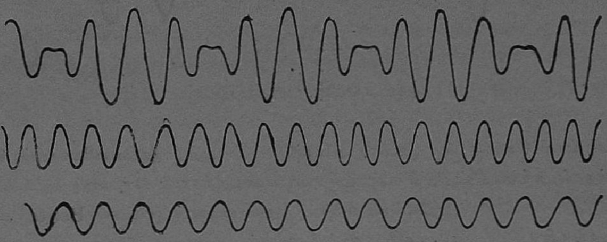
சுரத்தினையும் உரப்பமும் நாதத்தகவும்.

ஒலியலைகள் தனித்தனியாய் விகுதிப்பட்டவாறு காற்றின் வழியே செல்லல், அரிது. பொதுவாக, அவை தொகுப்பு அலைகளானவாறே செல்கின்றன. குண்டு வெடிக்கும் அதிர்ச்சியை யொட்டியும் கல்லைத் தூக்கிப்போடும் போதுண்டாகும் சத்தத்தையொட்டியும் விளைப்பாடாகின்ற காற்றலைகள் தொகுப்பு வகையினவை. இன்னும் பலவாறான ஓசைகளை யொட்டிப்பயத்தப்படும்

அலைகளும் தொகுப்புவகையானவையே. அவ்வலைகள் ஏதுவாவதோரொழுங்கை யொட்டியவையாயிருந்தால், நாம் இசையியலான தொனி மெட்டை (மியூஸிகல் நோட்டை-**Musical Notes**) க் கேட்போம். அவை தாறுமாறான தொகுப்பலைகளாயிருப்பின், நாம் கேட்கும் ஓசை, இரைச்சலேயாம். பாயின்மீது விரலை அழுத்தித் தேய்ப்பதால் ஏற்படும் ஒலி, இசையியலாயுள்ளது. தொன்றுதொட்டு, மக்கள், சுரபேதங்களை அறிந்துவந்துள்ளனர். சங்கீதம் தோன்றிய காலம் எதுவென நாமறியோம். பல்லாயிரமாண்டுகளாய், சுரக்கிரமமான ஸ்தாயிவரிசைகள் (மியூஸிகல் ஸ்கேல்கள்-**Musical Scales**) மக்களிடை வழங்கிவந்துள்ளன என சரித்திரவாயிலாய் அறிகின்றோம். சுரங்கள் தக்கவாறு சேர்த்தொலிக்கப்படின், அவை காதுக்கு இன்பமாகவுள்ளன எனவும், அவ்வாறல்லாதவை ஒலிக்கப்படின், காதுக்கு இன்பமாகவில்லன எனவும், நெடுங்காலந் தொட்டே மக்கள் உணர்ந்து வந்துள்ளனர். ஒரு நாட்டினர் 'கூட்டிசை' (கான்கார்டு-**Concord**) எனக் கொண்டுள்ள சுரங்களை, வேறொரு நாட்டினர் பகையிசைச் (டிஸ்கார்டு-**Discord**) சுரங்கள் எனக் கருதுதல் உண்டு. எனினும் கீழ் ஸ்தாயி 'ஸ'வும் மேல் ஸ்தாயி 'ஸ'வும், 'ஸ'வும் 'ப'வும், முறையே, கூட்டிசைச் சுரங்களே என்பதை எல்லோரும் பொதுவாக ஒப்புக்கொள்கின்றனர். அவ்வாறு எல்லோராலும் ஒத்துக்கொள்ளப்பட்ட சுரவஞ்சிதக் கிரமங்கள் பல உள. இரு சுரங்களுக்கான தொடர்புறவை காது செம்மையாய் உணர்கின்றது. ஆனால் ஒரு சுரத்தின் துலிதநிரல்மானம் எவ்வளவானது என்பதை, அது, சுமாராகவே மதிப்பிடவல்லது. திட்டமான துலித நிரல்மானம் ஏற்பட்ட சுரம், எண் பிரமாணசுரம் (ஆப்ஸலூட்பிட்சு **Absolute pitch**) எனப்படும். எண்பிரமான சுரங்களை முறையே, திட்டமாய் உணரும் திறன் காதுக்கு இல்லாமையின், சுரவெண்கள் எத்தனை, எத்தனையாயிருக்கவேண்டும் என்பதை யொட்டிய அபிப்பிராய பேதங்கள் பலவாம். இசைத்சுரத்தனையாவளி (மியூஸிகல் ஸ்கேல்) பலஸ்தாயிகளை (ஆக்டேவ்களை **Octaves**)க் கொண்டதாயிருத்தல் வேண்டும் என எல்லோரும் ஏற்றுக்கொள்கின்றனர். ஆனால் ஒரு ஸ்தாயியில் எத்தனை சுரங்கள் இருத்தல்வேண்டும் என்பதைப்பற்றியும், சுரக்கிரமம் எவ்வாறிருத்தல்வேண்டும் என்பதைப் பற்றியும் ஒருமித்த கருத்து ஏற்படவில்லை. கர்நாடக சங்கீத முறையையொட்டி, கீழ்ஸ்தாயி 'ஸ'வுக்கும் மேல் ஸ்தாயி 'ஸ'வுக்கும் இடையில் ரி, க, ம, ப, த, நி என்ற ஆறு சுரங்கள் உள்ளன. அவற்றின் துலித நிரல் மானங்கள், முறையே, திட்டமானவையன்று. ஒன்றின் துலிதநிரல்மானத்திற்கும் மற்றொன்றினுக்குமான வீதங்கள், முறையே, கிட்டத்தட்டத் திட்டமானவை. நமது சங்கீதம் எண்பிரமாண சுர முறையை யொட்டியதொன்றன்று. காதை யொட்டியது. மேலை நாட்டு சங்கீத முறையையொட்டி, ஒரு ஸ்தாயியின் பாற்பட்ட சுரங்கள், முறையே,

ஒலியியல் தொகுப்பு அலைகளும் இசையும் ஸ்தாயியும் கூட்டிசை-பகையிசையும்.

இருவகைக்கிரமங்களானவை. ஒரு வகையில், கீழ்ஸ்தாயியின் 'C' என்றதுக்கும் மேல் ஸ்தாயியின் 'C' என்றதுக்கும் இடையில் பதினொரு சுரங்கள் கிரமாயுள்ளன. அதாவது பன்னிரண்டு இடைத்தாறுகள் (இண்டர்வெல்கள்-**Intervals**) உள்ளன. ஒவ்வொரு சுரத்திற்குமான துலிதகிரல்மானம் அதற்கடுத்ததினின்று முறையே, ஒரே வீதவளவு வேறுபட்டது. இதற்கு ஒத்தத்தகவு சுரத்தனேயாவளி (ஈக்விடெம்பர்டு ஸ்கேல்—**Equitempered Scale**) என்று பெயர். மற்றொருவகை, வகுளிச்செப்ப சுரத்தனேயாவளி (டயடானிக்கு ஸ்கேல்—**Diatonic scale**) எனப்படுவது. இதில் ஒரு ஸ்தாயி எட்டு சுரங்களைக் கொண்டது. அவற்றின் துலிதகிரல்மானங்கள், முறையே, 1, $\frac{9}{8}$, $\frac{5}{4}$, $\frac{4}{3}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{3}$, $\frac{15}{8}$, 2 என்ற வீதத்தினவாய் உள்ளன. கர்நாடக சங்கீதத்தின் சுரங்கள், முறையே, கிட்டத்தட்ட அவ்வீதங்களிலுள்ள துலிதகிரல்மானங்களானவையே.



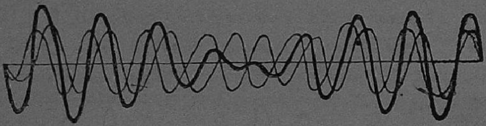
படம் 183—185

தாடனங்கள் அமைவிதம்
(**Formation of beats**)

ஆனால் ஒரு சுரத்தின் துலிதகிரல் மானத்திற்கும் மற்றொன்றினதற்குமான வீதவளவுகள், மேலைநாட்டு சங்கீத முறையிலானவாறு, சரித்திட்டமானவையன்று; பாடப்படும் இராகம், தாளம், பாணி முதலியவற்றையொட்டி தக்கவாறு வேறுபடுவது. மேல்நாட்டு சங்கீத முறையையொட்டியும், இசைச்சுரத்தனேயாவளியின் அடிப்படையான துலிதகிரல்மானம் (பேவிக் ப்ரீக்வன்வி-**Basic Frequency**) எதுவென்று திட்டமாக ஏற்படவில்லை. பதினெட்டாம் நூற்றாண்டின் பிரபல ஸாஹித்ய கர்த்தாக்கள், C-252 எனவும், C′-504 எனவும் கொண்டிருந்தனர். பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டின் இறுதிப் பகுதியில், C-270, C′-540, எனக் கொள்ளப்பட்டிருந்தது. இற்றைய 'பில்ஹார்மானிக் ஆர்கஸ்ட்ரா' (**Philharmonic Orchestra**) நிலவரப்படுத்தியுள்ளவை, C-261, C′-522, என்பவை.

சுரங்களின் துலிதகிரல் மானங்கள் மிக அதிகமானால், அவை செவ்வனே கேட்கப்படுவதில்லை; மிகக் குறைந்தாலும் அவை சரியாய் கேட்கப்படுவதில்லை.

இருபது முதல் இருபதினாயிரம் வரையான துலிதசிரல்மானங்களை யொட்டிய ஒலிகளை காது கேட்கக்கூடும், எனக் கூறினோம். அவை ஒலியுணர்ச்சி யேற்படுவதற்கான எல்லைகளேயன்றி, ஒலி, தெளிவாய்க்கேட்கப்படக்கூடியதற்கான எல்லைகள் அன்று. சாதாரணமாக, பத்து ஸ்தாயிகளுக்கானதைவிடக் குறைந்த துலிதசிரல்மான வெல்லைக்குள்ளாகவே, காது, தெளிவாய் ஒலிகளைக் கேட்கக்கூடும். துலிதசிரல்மானங்கள், ஐம்பதைவிடக் குறைந்தும், இரண்டாயிரத்தை விட அதிகமாகவும், உள்ளனவான சுரங்களை, காதால் பகுத்தறிய முடிவதில்லை.



படம் 186

தாடனங்கள் பயத்தப்படல்.

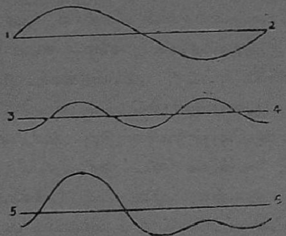
தாடனங்கள்.

சில சுரங்கள் சேர்ந்தால், அவை இயைபுச்செப்பமாயும் (ஹார்மானிக்காயும்) சில சேர்ந்தால் அவ்வாறின்றியும் ஏன் உள்ளன, என்பதற்கான காரணம் திட்டமாய் அறியப்படவில்லை. தாடனங்கள் (பீட்கள்-Beats) ஏற்படாதபோது, இயைபுச் செப்பம் (ஹார்மனி) அமைகின்றது, என, ஒருவாறு விளக்கப்பட்டுள்ளது. தாடனங்கள் (பீட்கள்) என்றால் என்னவென்பதைக் கவனிக்கலாம். துலிதசிரல்மானங்கள், முறையே அதிக வளவு வேறுபடாதவாறான இரு சுரங்கள் ஒருமிக்க ஒலிக்கப்படுகின்றன எனக் கொள்வோம். ஒரு சுரத்தின் துலிதசிரல்மானம், நூறு, எனவும் மற்றொன்றினது, நூற்றொன்று எனவும் கொள்வோம். ஒருங்கே ஒலிக்கப்படும்போது அவற்றின் அலைகள் சேணுடங்குபாடாகின்றன. (ஸூபர் போஸாகின்றன). அவ்வாறாகும்போது, ஒரு ஸெகண்டிற்கு ஒரு தடவையாக அவற்றின் அழுத்தலியல் யதிகளும் விதப்பகலியல் யதிகளும், முறையே இணைகின்றன; எனவே, வீச்சவரைவு இரட்டிப்பளவாகின்றது; உரத்த சுரம் கேட்கின்றது. ஒரு ஸெகண்டிற்கு ஒரு தடவையாக, ஒன்றின் அழுத்தலியல் யதிகள் மற்றொன்றின் விதப்பகலியல் யதிகளுடன் முறையே, ஒண்ணலாதலால், அவை ஒன்றினொன்று ரத்து செய்யப்படுகின்றன, எனவே, எவ்வொலியும் கேட்கப்படுவதில்லை. ஆகவே, ஒருங்கே யொலிக்கப்படும் அவ்விரு சுரங்களை யொட்டி காதால் கேட்கப்படும் ஒலி சீரான சுரத்தொனிமெட்டாயிருக்காது; ஸெகண்டிற்கு ஒரு தடவையாக, முறையே, இடைப்பட்ட கணீரென்ற சுரவொலி விட்டு விட்டுக்கேட்கப்படும். முதலில் சுரவொலி கணீரெனக்கேட்கும்; பிறகு அமைதியாயிருக்கும்; அதன் பிறகு ஒலி

கணீரெனக்கேட்கும். இப்படி, ஒலி நின்று நின்று கேட்கும். அதன் இடைப் போது, ஒரு ஸெகண்டு. இவ்வாறு விட்டு விட்டுக் கேட்கப்படும் ஒலிகள், 'தாடனங்கள்' (பீட்கள்—Beats) எனப்படுகின்றன. மேற்கூறப்பட்டவாறான போது, ஸெகண்டிற்கு ஒன்று என்றானவாறு தாடனங்கள் கேட்கப்படுகின்றன. ஒலிக்கப்படும் சுரங்களின் துலிதநிரல்மான வேற்றுமையளவு இரண்டாயிருந்தால் ஸெகண்டிற்கு இரண்டு தாடனங்கள் கேட்கப்படுவன. இம்முறையையொட்டி, ஒலிக்கப்படும் சுரங்களின் துலித நிரல்மான வேற்றுமையளவெண்ணினவான தாடனங்கள், முறையே, ஒரு ஸெகண்டில் கேட்கப்படுவன. துலிதநிரல்மான வேற்றுமையெண் இருபதைவிட அதிகமானால், தாடனங்கள் கேட்கப்பட மாட்டா. அவை தாடனங்களாய் கேட்கப்படாவிடினும், துலிதநிரல்மானம், இருபது, என்றான சுரமாய்க் கேட்கப்படுவன எனவும், அச்சுரம் காதுக்கினிமை யாயில்லாது, மூலசுரங்களுடன் சேர்ந்து பகையிசை யுணர்ச்சியைக்காதில் விளை விக்கின்றதெனவும், சில தெரியற்செய்கையோர் கூறுகின்றனர். ஒலிக்கப்படும் சுரங்களது துலிதநிரல்மானங்களின் வீதங்கள், முறையே, $\frac{2}{1}$, $\frac{3}{1}$, $\frac{4}{1}$, என்றான போது, அவைமுற்றும் ஒருமித்தவை (யூனிஸனானவை Unison). அந்நிலைமையில் தாடனங்கள் பயத்தப்படமாட்டா. அவ்வீதங்கள், முறையே, $\frac{3}{2}$, $\frac{4}{3}$, என்றான போது உண்டாகும் தாடனத்தொனிமெட்டு (பீட்நோட் Beat Note), இசை முறையையொட்டிய சுரமொன்றாகவே இருக்குமாதலால், பகையிசையுணர்ச்சி தோன்றாது எனவும், $\frac{4}{3}$ என்றதைவிடக்குறைந்த வீதமுள்ள துலிதநிரல்மானத் தினவான சுரங்கள் இரண்டு, முறையே, ஒலிக்கப்படும்போது தோன்றும் தாடனத்தொனிமெட்டு (பீட்நோட்) இசையை யொட்டிய சுரமொன்றினதை விடக்குறைந்த நிரல்மானத்தினதாயிருக்குமாதலால், பகையிசை யுணர்ச்சி யுண்டாகும் எனவும், மேல்நாட்டு சங்கீத முறையை யொட்டி கூறப்படுகின்றது. சாதாரணமாக, இசைச் சுரங்கள், 128–256, 256–512, 512–1024, என்ற துலிதநிரல்மானங்களையொட்டிய ஸ்தாயிகளின்பாற் பட்டவை. 64–128, என்றதையொட்டிய ஸ்தாயியிலும், '1024' என்றதற்கு அதிகமாயுள்ள துலித நிரல்மானத்தினவான சுரங்களிலும், அரிதாகவே சஞ்சாரம் இருக்கும். 512 1024 என்றதையொட்டிய ஸ்தாயி, மற்ற விரண்டைப்போல் அவ்வளவு சாதாரணமாகயிருப்பதல்ல. சாதாரணமான, சராசரித் துலிதநிரல்மானம், 256 என்றது, எனக்கொண்டால், அதுவும் $256 \times \frac{4}{3} = 341\frac{1}{3}$ என்றதும் ஒலிக்கப் பட்டால், $341\frac{1}{3} - 256 = 85\frac{1}{3}$ என்ற துலிதநிரல்மானத்தினதான தாடனச்சுரம் ஏற்படுமெனவும், அது சங்கீத எல்லைக்குள் அடங்குவதால், காதுக்கு கொடூரமாய் இருக்காது எனவும், அதைவிடக் குறைந்த துலிதநிரல்மானத்தினதான தாடனசுரம் ஏற்படின், பகையிசையுணர்ச்சி தோன்றுமெனவும் மேல்நாட்டு இசைவாணர் கூறுகின்றனர். வீதம், $\frac{5}{4}$ என்றானால், தாடன சுரத்தின் துலித நிரல்மானம் $\frac{56}{4} = 64$, என்றாகும். இது, பகையிசையுணர்ச்சியைப் பயத்தும் என அவர்கள் கூறுகின்றார்கள். ஆனால், இசையையொட்டிய சுரமொன்று, திட்டமான

தொரேயொரு துலிதநிரல்மானத்திற்கான அலையால் விளைவிக்கப்படுவதல்ல. அது, தொகுப்பு அலைகளையொட்டி எற்படுவது. தொகுப்பு அலையொன்று, பல துலிதநிரல்மானங்களுக்கான அலைகளைக் கொண்டது. இன்னும் இசையின் இன்பம் இசைநுகர்ச்சிப் பயிற்சியை யொட்டியும் விளைவது. கேட்பவரின் சுரநிலைப்பகுத்தறியும் திறனையும் பொருத்தது. ஆகவே, 'கூட்டிசை' சுரங்கள் எவையெனவும், பகையிசை சுரங்கள் எவையெனவும், துலித நிரல் மானங்களை யொட்டியவாறுமட்டும் நிலவரப்படுத்தல், எற்றதன்று.

கயிற்றலைகளின் துடிதுடிப்புச் செப்பங்களைப்பற்றிக் கூறியுள்ளோம். அவ்வாறு, அவை, முறையே, பலவளவுகளான துலிதநிரல்மானங்களுடன் துடிதுடிக்க இயன்றவையாயினும், ஒரே சமயத்தில், ஓரளவான துலிதநிரல் மானத்தினவாகவே இருப்பவை. இசைக் கருவியொன்று ஒலிக்கப்படும்போது,



படம் 187-192

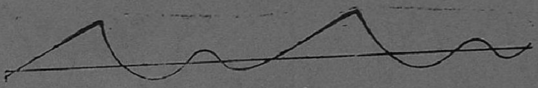
தொகுப்பு அலைகள் 1,—2 என்ற அலைகளும்,
3,–4 என்றவையும் ஒருங்கிடலையொட்டி, 5,—6 ஏற்படுவது.

அதன் பகுதிகள் சில தக்கவாறு துடிதுடிப்பதினாலேயே சுரங்கள் எழுப்பப்படுகின்றன. ஒரு சுரத்திற்கான துடிதுடிப்புகள் பலவாறான கம்பிதங்களின் இசைப்பினாலானவை. அக்கம்பிதங்களின் துலித நிரல்மானங்கள் வெவ்வேறளவினவாய் இருப்பன. முக்கியக் கம்பிதத்தின் துலித நிரல்மானம் சுரத்தின் நிரல்மானம் எனக் குறிப்பிடப்படுகின்றது.

தொகுப்பு அலைகளும் நாதத்தகவும்

சுரத்தையொட்டியான ஒலியலை தொகுப்பு வகையினதாயிருக்கும். பெரும் நீரலைகள், தொகுப்பு அலைகள், எனக்கூறியுள்ளோம். பேரலையொன்றின்மீது சிற்றலைகள் ஓடிக்கொண்டிருப்பன யெனவும் சிற்றலைகளின்மீது சலசலப்பு அலைகள் ஊர்ந்துகொண்டிருப்பன யெனவும் முன்னர் குறிப்பிட்டுள்ளோம். ஒலியலைகளின் அலையன்ன படிவங்கள் அவற்றைப்போலவேயிருப்பவை.

முக்கிய கம்பிதத்தை யொட்டிய அலை பேரலையை யொத்தது. மற்ற கம்பிதங்களை யொட்டியவை சிற்றலைகளையும் சலசலப்பலைகளையும் போன்று பேரலையில் தவழ்ந்து கொண்டிருப்பன. சுரத்தின் நாதத்தகவு (குவாலிடி.-Quality) அலையன்ன படிவத்தினமைப்பை யொட்டியிருக்கும். இசைக்கருவிகள் பலவகையானவை. ஒருவகைக் கருவியால் ஒரு சுரம் வாசிக்கப்படும்போது, நாம் கேட்கும் ஒலியின் பான்மை, மற்றொரு வகைக் கருவியால் அதே சுரம் வாசிக்கப்படும்போது, நாம் கேட்கும் ஒலியின்பான்மையினின்று வேறுபட்டதாயிருக்கும், என, நாமெல்லோரும் அறிவோம். இசைக்கருவிகள் வாசிக்கப்படும் வகைகள் வேற்றுமையானவை. பிடில் வாசித்தலும், வீணை மீட்டலும், புல்லாங்குழல் ஊதலும் ஒரேவாறான செயல்களன்று. ஒரே சுரத்திற்கான முக்கிய கம்பிதங்கள் பயத்தப்படும் வகைகள் வேறுபட்டவை. வீணைத் தந்திகள் விரலால் மீட்டப்படுகின்றன. பிடிலின் கம்பிகள் வில்லால் சறுக்கப்பட்டு கம்பிதமாகின்றன. புல்லாங்குழலில் அமுக்க வேறுபாடுகளை யொட்டி

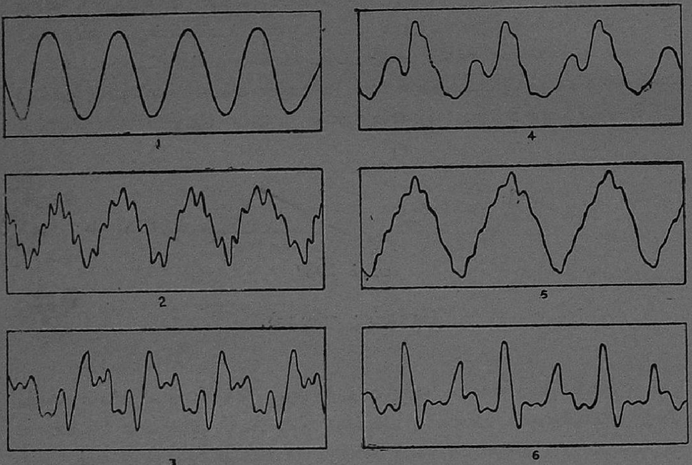


படம் 193

தோதுப்பு அலைகள்.

ஒலி எழுகின்றது. எனவே, ஒரே சுரத்திற்கான முக்கிய கம்பிதங்கள் வெவ்வேறு வகையினவாய் உள்ளன. அவற்றை யொட்டிய அலையன்ன படிவங்கள் ஒரேவாறுயிரா. சில்லரைக் கம்பிதங்களும் வெவ்வேறு வகையினவாயும், அளவினவாயும், எண்ணினவாயும் இருப்பன. முக்கிய கம்பிதத்தை யொட்டியெழும் தொனிமெட்டு, சுரத்தின் அடிப்படைவகுணி (பண்டமெண்டல் டோன்-Fundamental Tone) எனப்படும். சில்லரைக் கம்பிதங்களை யொட்டி கதித்தலாகும் தொனிமெட்டுகள், எழுமை வகுணிகள் (ஓவர் டோன்கள்-Over tones) எனப்படுகின்றன. அவை, அடிப்படையானதுடன் இயைபுச் செப்பமானவையாய் (ஹார்மானிக்காய்) இருப்பின், இயைபுச் செப்பயெழுமை வகுணிகள் (ஹார்மானிக் ஓவர்டோன்கள்) எனப்படுவன. எழுமை வகுணிகளுக்கான வீச்சுவரைவுகள், பலவளவினவாயிருப்பன. வீச்சுவரைவுகள் அதிகவளவாயுள்ள எழுமை வகுணிகள், உரத்துக் கேட்கப்படுபவை. மற்றவற்றைவிட அதிகமாய் உரத்துக் கேட்கப்படும் எழுமை வகுணிகளின் இயல்பை முக்கியமாய்ப் பொருத்தவாறு, சுரத்தின், ‘நாதத்தகவு’ இருக்கும். இசையின் நயத்திற்கு முக்கிய காரணமானவை, சுரங்களின் நாதத்தகவுகளேயாம். சில வகையான வாத்தியங்கள் வாசிக்கப்படும்போது கலிக்கும் சுரங்களில் அடிப்படை

வகுணிகளைவிட ஒன்றாயினும் பலவாயினும், ஆன எழுமை வகுணிகளே அதிக பிரதானமாயிருப்பன. குழலின் இமிழோசையும், வீணையின் நாதப்பண்பும், குரலின் இன்னிசையும், முறையே, அவற்றினின்று எடுப்பாகுமாறான எழுமை வகுணிகளையும் அவ்வகுணிகளின் இயைபையும் யொட்டியானவை. மணியோசையில், அதன் அடிப்படை வகுணிக்கான ஒலி உரத்துக் கேட்பதில்லை. மணியின் அடிப்படை வகுணி, அதன் மந்தரத்தொனி (ஹம் டோன்-**Hum Tone**) எனப்படும். அது காதில் விழுதல், அரிது. நாம் கேட்கும் மணியோசை, எழுமை வகுணிகளை யொட்டியே முழங்கப்படுவது. அவ்வெழுமை வகுணிகளில்



படம் 194—199

ஒலியலை வகைகள்.

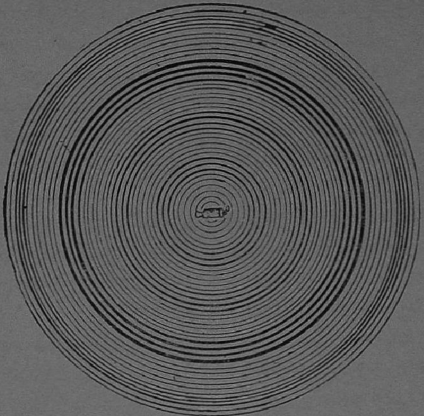
1. எளிதியைபு (**Simple Harmonic**).
2. மணியோசை.
3. கிளாரினேட் ஒலிச்சுரம்.
4. குழாயூதியம்பிச் சுரம் (**Organ pipe**).
5. பிடில் சுரம்.
6. உயிரெழுத்துச் சுரம்.

பகையிசையியலானவையே அதிகமாயுள்ளவை. அந்நிமித்தமே மணிக்கென்றான விந்தையோசை கலிக்கின்றது. சில மணிகளில் பகையிசையியலான வகுணிகள் பலமாயிருப்பன. அவற்றின் ஓசைகளைக் கேட்டு சகித்துக் கொண்டிருக்கமுடியாது.

காற்றிடை அசைவுண்டானுல், அதை முன்னிட்டு, அழுத்தவியல் அலைகள் பயத்தப்படுகின்றன. அசைவுறும் பொருளைச் சூழ்ந்துள்ள காற்று முழுவதிலும் அவ்வலைகள் இகைக்கப்படுகின்றன. அலையியக்கம் அப்பொருளி னின்று, எல்லா வாட்டங்களிலுமாய்ப் பரவுகின்றது.

ஒலியலைகள் காற்றில் பரவும் முறை

ஒரு இடைப்போதில், ஒரு அலை நீள தூரம்வரை, முறையே, எல்லா வாட்டங்களிலும் அலைகள் இகைக்கப்பட்டிருப்பன. அந்நேரத்தில், அலைகள், முறையே பரவியுள்ள இடங்கள், அசைவு நடுவினின்று நிகரான தூரங்களில் உள்ளவை. எனவே, அவை ஒரு உருண்டையான பொருளினது பரப்பின் மீதானவாறுள்ளவை. இம்முறையையொட்டி, அடுத்த இடைப்போதிலும்,



படம் 200
உருண்டைப் பரவியல் அலைகள்
(**Spherical Waves**)

அதற்கடுத்ததிலும், அவ்வாறே, மேலும் மேலும் அலைகள் பரவுகின்றன. ஒவ்வொரு இடைப்போது நேரமானபோதெல்லாம், முறையே, அலைகள் சென்றுள்ள தூரத்திலிருக்கும் இடங்களும், அசைவு நடுவும் ஒரே பார்கலித மானவை (பேஸானவை). அவ்வாறே, முறையே, ஒன்றிலிருந்தொன்று ஒரு அலை நீளத்து இடைவெளிப்பட்ட இடங்கள் எல்லாம், அவ்வவற்றிற்கும் பொருத்தமான பார்கலிதச் சமனுனவை. முறையே ஒரேவாறுன பார்கலிதமான இடங்கள்,முறையே, அவ்வவற்றிற்கான உருண்டைகளின் பரப்புகள்மீதானவாறு அமைந்தவை. இவ்வாறுன அலைகள், உருண்டைப் பரவியல் அலைகள் (ஸ்பெரிகல் வேவ்கள்-**Spherical Waves**) எனப்படுகின்றன. நாமுள்ள இடத்திலிருந்து 70 அடி தூரத்தில், பையனெருவன் ஒற்றை வெடியைச்

சுடுகிறான், எனக் கொள்வோம். அவ் வெடியின் அதிர்ச்சியால் உண்டாகும் ஒலியலை எல்லா வாட்டங்களிலும் பரவுகின்றன. 70 அடி தூரம் சென்றபோது, அவை பரவியுள்ள இடத்தின் பரப்பு, 70 அடி ஆரை (ரேடியஸ்-**Radius**) யான உருண்டையொன்றின் மேற்பரப்பினதாயிருக்கும். அப் பரப்பினளவு, $4 \times \frac{22}{7} \times 70 \times 70 = 61,600$ சதுர அடிகள் இருக்கும். நமது காதின் துவாரம், $\frac{1}{20}$ சது. அங். இருக்கும். ஆதலின் வெடிச் சத்தத்தில், $\frac{1}{20 \times 144 \times 61,600}$

$= \frac{1}{17,74,08,000}$ என்ற பங்கு சுமாராக, (பதினெட்டு கோடியிலொரு பங்கு) நமது காதில் விழுவது. வெடிசுடப்பட்ட இடம், நம்மினின்று 140 அடி தூரத்திலிருந்திருப்பின், ஒலியலைகளுள்ள பரப்பு, $4 \times \frac{22}{7} \times 140 \times 140 =$ 2,46,400 சதுர அடிகளாகும். இது முன்னையதைவிட நான்கு மடங்கு அதிகமானது. எனவே காதில் விழும் சத்தத்தினளவு, முன்னுனதில் கால் பங்காக இருக்கும். தூரம் அதிகமாக, ஆக, முறையே, தூரத்தின் இருமடக்கை வீதமானவாறு, சத்தத்தின் அளவு குறைந்துவரும். சத்தத்தின் அளவு தூரத்தினது இருமடக்கையின் திரும்பொப்பு வீதமானது. தூரம் மிக அதிகமாகும்போது, சத்தம் கேட்கவே கேட்காது. ஒலியெழுப்பப்படும் இடத்திற்கும் அது கேட்கப்படுவதற்கான இடத்திற்கும் இடையில் ஒரு குழாயை அமைத்து, அதன் வழியே ஒலியலைகள் செல்லுமாறு செய்தோமாயின், இன்னும் அதிகமான தூரம் வரை சத்தம் கேட்கப்படும். ஆயினும், இம்முறையை யொட்டி ஒலி கேட்கப்படுவதற்கான தூரத்திற்கும் ஓர் எல்லையுண்டு. காலப்போக்கில் ஒலியலைகள் காற்றின் இயக்கத்துடன் தொடர்பானவையாயாகி, சூடாய் மாறிவிடுகின்றன. ஒலி, நாளடைவில் சிங்கிவந்து, இறுதியில் வேறுவகைச் சக்தியாகி மறைந்துவிடும்.

நமதருகில் ஒருகல் விழுந்தால், அது தரையை யிடிக்கும் சத்தம் காதில் உரக்கக் கேட்கின்றது. தூரத்தில் சுடப்படும் வேட்டின் சத்தமும், முன் போன்றவ்வளவு உரத்தலானவாறே கேட்கின்றது. இதைக்கொண்டு, இரு

ஒலியின் அடல்தாறுவை அளவிடல்

சத்தங்களும் ஒரேயளவானவை, எனக் கூறுதல், சரியன்று. காதினின்று ஒரேயளவான தூரத்தில் பயத்தப்படும் இரு வொலிகள், முறையே, ஒரேயளவு உரத்தனவாய் காதில் கேட்கப்பட்டால், அவ்விரு வொலிகளும் ஒரேயளவானவை, எனக் கூறலாம். 10 அடி தூரத்தில் உண்டாகும் ஒலியொன்றும், 20 அடி தூரத்தில் எழும் ஒலியொன்றும், முறையே, ஒரேயளவு உரத்துக் கேட்கப்படின், நாம் மேற்கூறிய விதியை யொட்டி, 20 அடி தூரத்தில் உண்டாகும் ஒலி, 10 அடி தூரத்தில் உண்டானதைவிட, $(\frac{20}{10})^2 = 4$ மடங்கானது, எனக் கூறலாம். அவ்விருவொலிகளும், காதில்

ஒரேயளவு உரத்துக் கேட்கப்பட்டமையின், அவை நிகரளவினவை, எனக் கூறுதல், பிழையாகும். காது உணரும் உரத்தலை மட்டும் பொறுத்தவாறு ஓரொலியினளவு இருப்பதன்று, என அறிகிறோம். ஓரொலியின் உரிமையான ஒலியியல்திறன், அதன் ‘அடல்தாறு’ (இண்டன்ஸிடி-**Intensity**) எனப்படும். இற்றையுலகில் ஆரவாரம் அதிகமாயுள்ளது. எங்கு சென்றாலும் ஓயாத இரைச்சலும் சத்தமுமாக உள்ளன. மெஷீன்கள் ஓடும் உலம்பலும், ஏரோப்ளேன்களின் ஓங்காரமும், மோட்டார்கார்களின் கொம்பூதுப்பிளிறுகளும், டாக்கீப்பாட்டுகளின் ஓதையும், ரேடியோக்களின் முழக்கமும், மகாநாடுகளின் கர்ஜனைகளும், சொற்பொழிவுப் புலம்பல்களும், மேடைப்பேச்சுக்கூச்சல்களும், சந்தைக்கடை இரைச்சல்களும், இன்னும் பலவான சத்தங்களும் ஏராளமாய்ப் பெருகியுள்ளன. சில நாடுகளில் சத்த எதிர்ப்புச் சங்கங்கள் நிறுவப்பட்டுள்ளன. அச்சங்கத்தினர், மோட்டார்கார்கள் முதலானவற்றின்

படம் 201

சத்த அலைகள்.

(Noise waves)

சத்த எதிர்ப்புச் சங்கங்கள்

கொம்புகள் ஓரளவைவிட அதிகமான சத்தத்துடன் ஊதப்படக்கூடாது எனவும், மெஷீன்களில் ‘சத்தங்குறைக்கும் சாதனங்கள்’ பொருத்தப்பட வேண்டும் எனவும், இன்னும் பலவாறான வழிகளில் சத்தங்கள் அடக்கப்படல்வேண்டும் எனவும் வற்புறுத்துவதற்கான சட்டங்கள் நிறுவப்படல் அவசியம், எனக்கிளர்ச்சி செய்து வருகின்றனர். அவ்வாறான சட்டங்கள் நிறுவப்படலாதற்குமுன், எம்முறையையொட்டி சத்தங்கள் அளவிடப்படல்வேண்டும் என்பதைப்பற்றியும் ஒற்றுமை ஏற்படல், அவசியம்.

தெரியற்செய்கை முறையையொட்டி, ஓரொலியின் அளவு அதன் ‘அடல்தாறு’ என்பதின் அளவாகும், எனக்கூறியுள்ளோம். அடல்தாறு ஒலியலையின் வீச்சுவரைவினளவைப் பொருத்திருக்கும். வீச்சுவரைவினளவு அதிகமாக, ஆக, முறையே அடல்தாறுவின் அளவும் அதிகமாகிவரும். ஓரளவுப்

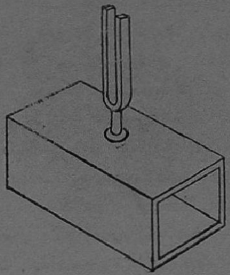
பருமனுன இடத்தில், ஒலியலைகளினது சக்தி, அடல்தாறுவையும் அலை நீளத்தையும் பொருத்து இருக்கும். ஒரு பொருள் தக்கவாறு அசைந்துகொண்டிருப்பதால், ஒலியலைகள் பயத்தப்படுகின்றன. அவ்வியக்கத்திற்கான சக்தி அலைமுழுவதிலும் பரவுகின்றது. ஓரளவான சக்தி அலைநீளம் அதிகமானுல் அதிக தூரத்திற்கும், அலைநீளம் குறைந்திருந்தால் குறைந்த தூரத்திற்கும், முறையே பரவியிருக்கும். எனவே, ஓரளவுப் பருமனுன இடத்தில், அலைநீளம் குறைந்துள்ள போது, சக்தி அதிகவளவாயும், அலைநீளம் அதிகமானுல் சக்தியளவு குறைந்தும், இருப்பன. வீச்சு வரைவினளவு அதிகமானுல், ஓரளவுப்பருமனுன இடத்து அலைச்சக்தியினளவு அதிகமாகும். இம்முறையையொட்டி ஒலியலைகளுக்கான சக்தியளவை, முறையே, அவற்றின் வீச்சுவரைவுகள், அலைநீளங்கள் முதலானவற்றை அளவைசெய்து, கணக்கிட்டு, அறியலாம். ஒலியலைச்சக்தியின் அளவை ஒலியின் அளவாய்க் கொள்ளலே சிறந்தமுறை.

ஒலியலைகளின்
அடல்தாறும் அவற்றின்
சக்தியும்

ஓரளவுக்குட்பட்டவாறே, ஒலிகள் இருத்தல்வேண்டுமென சத்தமடக்குச் சட்டங்கள் இயற்றப்படல், முறையன்று. ஏனென்றால், காதுக்கு அருவருப்பான ஒலிகள், அவற்றின் அளவு மிகுதியையொட்டிய வகையில் சகிக்கமுடியாதவாறுகியவையன்று. கடற்கரையில், அலைமுழக்கத்தை ஆனந்தமாய் கேட்டுக்கொண்டு அமைதியாய் உட்கார்ந்திருக்கிறோம். அலைமுழக்கவொலியனளவை விடப்பலமடங்கு குறைந்தவளேயான சத்தத்துடன் நாய் குலைத்தால், அதைப் பொறுக்கமுடியவில்லை. எலக்ட்ரிக் டைனமோக்கள் பகபகவெனச் சுழன்றுகொண்டுள்ளதைக் கேட்டுக்கொண்டிருக்க முடிகின்றது. பக்கத்தில் ஒருவர் சுவரில் சுத்தியால் ஆணி அடித்துக்கொண்டிருந்தால், அந்த சத்தத்தை சகிக்கமுடியவில்லை. காதுக்கு சிலவகைத் தொனிமெட்டுகள் பிடிக்காது. பொதுவாக, தாடனங்களைப்போல விட்டு விட்டு யேற்படும் ஒலிவகைகள் காதுக்கு இதமாயிருப்பனவல. கீச்சுத் தொனிகளை காது விரும்புவதில்லை. கீச்சுக்கீச்சான ஒலியொன்று, அதைக்காட்டிலும் சக்தியளவதிகமான மந்தரத்தொனி யொன்றைவிட அதிக சத்தமானதாய் காதால் கேட்கப்படுகின்றது. ஒலியலைகள் எவ்வகையினவாயினும், அவற்றின் அலைச்சக்திகள், முறையே, அளவில் குறைந்தனவே. வெடிகுண்டு ஒன்று வெடிக்கும்போது, அதையொட்டிக் காற்றிலுண்டாகும் அமுத்தலியல் அலை காதில் படுவதால், நாம் வெடிச்சத்தத்தைக் கேட்கிறோம். அவ்வமுத்தலியல் அலைக்கான சக்தியளவு மிக மிகக் குறைவானது; குண்டு செலுத்தப்படும் சக்தியுடன் ஒப்பிட்டுப்பார்த்தால், ஒலியலைச் சக்தி இல்லாததொன்றெனப் புறக்கணித்து

காதுக்கு அருவருப்பான
ஒலிகள்

விடக்கூடிய வளவு, குறைந்தது. நூறுபேர்கொண்ட வாத்தியக்கோஷ்டி யொன்று இசை முழக்கிக்கொண்டிருந்தால், அவர்கள் எல்லோராலும் பயத்தப் படும் ஒலியலைகளின் சக்தி, எழுபது வாட்டுகள் இருக்கும். இது, ஒரு சாதாரண மின் விளக்கொன்று எரிவதற்கென வேண்டப்படும் சக்தியினளவு. புல்லாங் குழலை ஊதும்போது, உண்டாக்கப்படும் ஒலியலைகளுக்கான சக்தி, வீசம் வாட்டு. இது, ஒரு சேர் படிக்கல்லை ஒரு அங்குல உயரம் தூக்குவதற்கென, வேண்டப் படும் சக்தி. பேச்சுத்திறன் சிறப்பாய் வாய்த்த இனத்திரான இவ்வுலக மக்கள் எல்லோரும் ஒருங்கே பேசுவதால் எழும் ஒலியலைக்களுக்கான சக்தியையீட்டி, ஒரு மோட்டார் காரை ஓட்டலாம்.



படம் 202

சுருதிகூட்டுக்கவை (**Tuning Fork**).

பலவகையான சத்தமளவிகள் (நாயிஸ் மீடர்கள்-**Noise Meters**) அமைக் கப்பட்டுள்ளன. ஒருவகைக் கருவி, ஒலியலைகளின் அமுக்கமாற்றங்களை யளவிட்டு, ஒலியின் அளவைக் கணக்கிடுவதற்கானவாறு, அமைக்கப்பட்டது.

சத்தமளவிகள்.

மைக்ரோபோன் (**Microphone**) என்ற கருவியில் ஒலியலைகளால் பயத்தப்படும் மின்னியல் மாற்றங்கள் அளவிடப்பட்டு, ஒலியளவை செய்யப்படுகின்றது. குறித்த பல துலிதசிரல்மானங்களுக்கென, முறையே, ஆனவாறு, அமைக்கப் பட்ட ஒருவகைக் கருவிகள் உள்ளன. ஒவ்வொன்றும், முறையே, ஒலிக்கப்பட்ட போது, அதனதற்கான துலிதசிரல்மானத்துடன் துடிதுடிக்கும். உலோகப்

பட்டைக் குச்சியொன்று இரு நுனிகளும் அணுகியவாறு வளைக்கப்படும்; வளைவுப் பகுதியில் குறுந்தண்டு பொருத்தப்பட்டிருக்கும். குச்சிகளின் நீளம், வளைவு, தடிப்பு, முதலானவற்றைப் பொருத்தவாறு, முறையே அவற்றினின்று எழுப்பப்படும் சுரங்களின் துலிதநிரல்மானங்கள் இருப்பன. அக்குச்சிகள், முறையே, தக்கவகைகளானவாறு அமைக்கப்படலையொட்டி முறையே, பல அளவினவான துலிதநிரல்மானங்களுடன் அவையுள்ளவாறு செய்யப்படுவன. இவ்வகைக் கருவிகளுக்கு, சுருதிகூட்டுக்கவைகள் (ட்யூனிங்கு போர்க்குகள்-**Tuning Forks**) என்று பெயர். அக்கவையொன்றின் குச்சியைச் சற்று விரலால் தட்டினல், அது திடிதிடிக்கும். அதன் தண்டைக் கையில் பிடித்துக் கொண்டு, சுருதிகூட்டுக்கவையை காதின் கிட்டவைத்துக்கொண்டால் சுரத் தொனி கேட்கப்படும். சுருதிகூட்டு கவையைக்கொண்டு, சத்தங்களை ஒப்பு வீதமாய் அளவிடலாம். சுருதிகூட்டுக்கவை (ட்யூனிங்கு போர்க்கு), தன்னியக்க நிரல்படு (ஆடோமாடிக்கு) வியலான கருவி யொன்றால் திட்டவளவான வன்மையுடன் தட்டப்படும். பிறகு, அது காதின் கிட்டமாய் பிடித்துக் கொள்ளப்படுகின்றது. அளவிடப்படவேண்டிய ஒலியும் காதில் கேட்டுக் கொண்டிருக்கும். சுருதிகூட்டுக்கவையின் ஒலி வரவரக் குறைந்துகொண்டிருக் கும். அதன் ஒலியும் அளவை செய்யப்படும் ஒலியும் ஒரேயளவாய்க் கேட்கப் படும்போதான நேரம், சுருதிகூட்டுக்கவை தட்டப்பட்ட நேரத்திற்கு எவ்வளவு பின்றலானது, என அளவிடப்படும். அவ்வாறே, வேறு பல வளவினவான ஒலிகளுக்கான பின்றல் நேரங்களும், முறையே, அளவிடப்படுவன. அவ்வொலி களின் அளவுகள், முறையே, அந்நேரங்களின் வீதங்களானவை. குறித்த ஒருவகைச் சத்தத்தின் அளவு, ஒன்று, என ஏற்படுத்திக்கொண்டு, மற்றவற்றின் அளவுகள் கணக்கிடப்படுகின்றன. இம்முறையை யொட்டியான சத்தமளவை யூனிட், 'போன்' (**Phon**) எனப்படும். காதுகேட்க இயன்ற மிக ஈனமான சத்தம், 'சூனிய சத்தம்' எனக்கொள்ளப்படும். அதைவிட இருபத்தாறு சத வீத மதிகமான சத்தம் ஒரு போனனது எனவும், ஒரு போனனதைவிட இருபத்தாறு சதவீதமதிகமானது இரண்டு போன்களானது எனவும் இன்னும் இவ்வாறேயானவாறும், 'போன்' அளவைகள் செய்யப்படுவன. 1 போன்சத்தம் சூன்யமானதின் $\frac{126}{100}$ மடங்கானது; 2 போனனது, சூன்யமானதின் $\frac{126}{100}\times\frac{126}{100}$ மடங்கானது; 3 போனனது, சூன்யமானதின் $\frac{126}{100}\times\frac{126}{100}\times\frac{126}{100}$ மடங்கானது. இப்படி, 1, 2, 3, 4,.........என்ற போன்கள் அளவான சத்தங்கள், முறையே, வட்டிக்கு வட்டி கணக்கிடப்படும் முறையையொட்டி அதிகமாகின்றன. 20 போன்கள் அளவான சத்தம், சூன்யமானதைவிட $(\frac{126}{100})^{20}=102$ மடங்கு அதிகமானது. இவ்வழியான அளவிடுமுறை, 'உறழ்வெண்' (லாகரித்மிக்—**Logarithmic**) முறையெனப்படும். உறழ்வெண்திணையாவளியை (லாகரித் மிக்ஸ்கேலை) யொட்டி, அளவைகளைக் குறிப்பிடலையொட்டி, அதிகமான அளவு களை பேரெண்களானவாறு காட்டாமல், குறைந்த அளவுகளிடையான வேற்று

மைகளைக் காட்டும், அனுகூலம் உள்ளது. சிலவகைச் சத்தங்களின் அளவுகளைக் கீழே குறிப்பிட்டுள்ளோம்.

சத்தவகை	'போன் அளவு'	எண்ணளவு
மௌனம்	0	1
காதுள்பேசல் (குசுகுசு ஓசை)	10	10·1
அமைதியான சோலையில்	20	102
கெடியாரம் (கிளாக்கு)	30	1,028
சாதாரண ஒலியான ரேடியோ இசை, உயர்ரக கார்ஓடல்-சந்தடியில்லாத்தெரு	40	10,380
ரயிலினுள் சம்பாஷணை, சாதாரண கார் ஓடல்	50	1,04,700
சாதாரண இசை, தெருச்சத்தம்	60	10,57,000
அதிக ஒலியான ரேடியோ இசை, டாக்கீகள், டிராம், ரயிலுக்கு வெளியே	70	1,06,70,000
மோட்டார் ஹார்ன் ஓங்கிசை,	80	10,76,00,000
எரோப்ளேன் உள்ளறை	110	11,070,00,00,000
காதில் நோய்காண் எல்லை	130	11,27,000,00,00,000

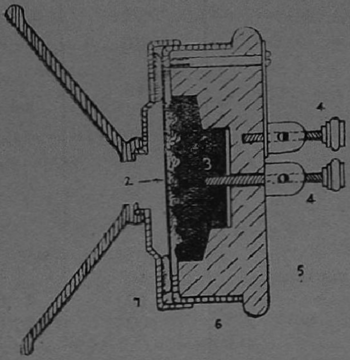
சத்தங்களை அளவிட்டாய்விட்டது. ஆயினும், அவற்றை அடக்க முடியுமெனத் தோன்றவில்லை. டிராம், பஸ், ரயில், முதலியவற்றாலான சத்தத்தை குறைக்க முடியாது. ரேடியோக்களையும் டாக்கீகளையும் அடக்க யார் துணிவார்? பக்கத்து வீட்டுக் குழந்தை பாட்டுக்கற்றுக்கொள்வதைத் தடுத்தல், சாத்தியமன்று. நாய்கள் குலைப்பதும் கழுதைகள் கத்துவதும், அவற்றின் இயல்பு. மக்கள் கூட்டுறவாலும் பரஸ்பர நல்லுணர்ச்சியாலும், சத்தங்கள் சற்று மட்டாக்கப்படலாம். அதைச் செய்தற்கென தெரியற் செய்கையளவையின் துணையை நாடவேண்டியதில்லை.

காற்றில் ஒலி அலைகள் இசைக்கப்படும் வேகத்தை விதிமுறையை யொட்டிக் கணக்கிடலாம். அவ் வேகம், அழுத்தவியல்பதி பயத்தப்பட வேண்டியதற்கான அமுக்கத்தினளவையும், மூலத்துகள்களின் 'ஆஞமை' யின் (இனர்ஷியாவின்) அளவையும் பொருத்து இருக்கும். 'ஆஞமை', ஒரு பொருளின் நிறையையொட்டியுள்ள தன்மை. நிறை செறிவைப் பொருத்தது.

ஒலியின் வேகம்

காற்றின் செறிவு, அதன் அமுக்கத்தைப் பொருத்தவாறு வேறுபடும், எனக் கூறியுள்ளோம். எனவே, அமுக்கவளவு வேறுபட்டால், முறையே செறிவும் தக்கவாறு வேற்றளவாகும். அலையிசைக்கப்படும் வேகம், அமுக்கம்

வேறுவாவதையொட்டி வேறுபடாது. மூலத்துகள்களின் இயக்க சக்தியை நித்தியமாய் அதிகமாக்காமல், அழுத்தல் யதிகளைப் பயத்தி அலையை இசைக்கவே, அமுக்கவலிமை ஆற்றுவிக்கப்படுகின்றது எனக்கொண்டும், காற்றின் செறிவினளவைக்கொண்டும், ஒலியலைகளின் வேகத்தினளவைக் கணக்கிடலாம். அவ்வாறு கணக்கிட்டதினின்று, 0°c வெப்ப நிலையில், காற்றின் வழியே அலையியக்கம் செல்லும் வேகம், ஸெகண்டிற்கு, 1087 அடி, என்ற முடிவு



படம் 203

கம்பலையுலம்பி
(Microphone)

1. பேச்சுள்—(Mouth piece)
2. கார்பன் தட்டு—(Carbon diaphragn)
3. கார்பன் தூச்சி—(Carbon granules)
4. நுனிகள்—(Terminals)
5. எபனைட்மூடி—
6. வெளிமூடி—(Casing)
7. பித்தளை மூடி—(Brass Casing)

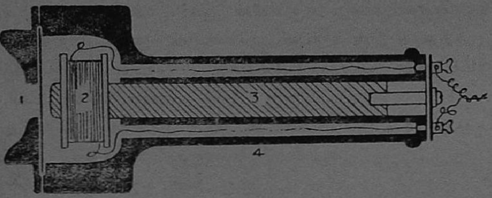
பெறப்பட்டது. சோதனை செய்து பார்த்தபோது, வேகம் அவ்வளவினதாகே இருந்தது, எனக் காணப்பட்டது. வெப்பநிலை உயரும்போது, காற்றின் அமுக்கமும் அதிகமாகின்றமையின், அலையியக்க வேகமும் அதிகமாகின்றது. காற்றிலுள்ள நீராவியினளவு வேறுபடுவதையொட்டி அதன் செறிவு வேறுபடும். இந்நிமித்தமும் ஒலியின் வேகத்தினளவு வேறுபடும். நீராவியனளவு அதிகமானல் காற்றின் செறிவு குறைந்துவிடும்; ஒலியின் வேகம் அதிகமாகும்.

காற்றின் வழியே ஒலி செல்லும் வேகத்தை அளவிடுவதற்கான சோதனை யொன்றை விவரிக்கலாம். இச் சோதனையைச் செய்வதற்கென கம்பலை யுலம்பியலுறிஞ்சி (மைக்ரோபோன்-Microphone) என்ற கருவியும் நுண் மின்னுகைமட்டுதி (கால்வனுமீடர்-Galvanometer) என்ற கருவியும் வேண்டப்படுவன. அவற்றைப்பற்றி சற்றுக் கூறலாம்.

மைக்ரோபோன் என்ற கருவியின் முன்புறத்தில் ஒரு மெல்லிய தகடு இருக்கும். அத்தகடு இரு கார்பன் குச்சிகளின் நுனிப்பகுதிகளை, முறையே, சற்று தொட்டவாறு பொருந்தியிருக்கும். கார்பன் குச்சிகளில் ஒன்றின் மற்றொரு நுனி மின்சாரக்கொட்டலி (பாட்டரி) யொன்றின் முனை (போல்) யொன்றுடன் கம்பி வழியே தொடுக்கப்பட்டிருக்கும். மற்றொரு குச்சி யின் மற்றொரு நுனி, சுருள் கம்பி யொன்றின் ஒரு நுனியுடன் கம்பி வழியே சேர்க்கப்படும். சுருள் கம்பியின் மற்றொரு நுனி கம்பியின் வழியே பாட்டரியின் மற்றொரு முனையுடன் பொருத்தப்படும். முன் தகடு கார்பன் குச்சிகளை சற்று அமுக்கியவாறு தொட்டுக்கொண்டிருந்தால், ஆங்கான மின்னெதிர் முட்டு (ரெவிஸ்டன்ஸ்) குறைந்திருக்கும்; அது அக்குச்சி நுனிகளின்மீது பட்டும் படாதவாறு இருந்தால், மின்னெதிர்முட்டு (ரெவிஸ் டன்ஸ்) அதிகமாயிருக்கும். அத்தகட்டின்மீது ஒலியலைகள் விழுந்தால், அது முன்னும் பின்னுமாய் அசையும். அதற்கேற்றவாறு தகட்டின் தொடுத்தளர்வு நிலைமை வேறுபடும்; மின்னெதிர்முட்டினளவு வேறுபடும். ஆதலின் சுருள் கம்பியின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டத்தினளவு தக்கவாறு வேறுபடும். முன் தகடும் கார்பன் குச்சிகளும் தக்கவாறு பொருந்தலாகியுள்ள அமைப்பே, கம்பலையுலம்பலுறுஞ்சி (மைக்ரோபோன்) எனப்படுவது. ஒலியலையையொட்டிய யதிகள், அக்கருவியினது முன் தகட்டின்மீதும் விழும் வகைக்கேற்றவாறு, முறையே, சுருள் கம்பியில் செல்லும் மின்னோட்டத்தினளவு வேறுபட்டுக் கொண்டுவரும். அக்கம்பிச் சுருளின் மையத்தில் ஒரு இருப்புக் குச்சியிருக்கும். கம்பியின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டத்தை யொட்டி, அது காந்தத் தன்மை யினதாகும். அதில் உண்டாகும் காந்தவியலின் அளவு, சுருள் கம்பியின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டவளவு வேறுபடுவதை யொட்டி, முறையே வேறுபட்டு வரும். இருப்புக் குச்சியின் நுனி சுருளின் இடையினின்று சற்று வெளியே, முகட்டைப்போல், நீட்டிக்கொண்டிருக்கும். அதற்குக் குறுக்கையானவாறு மெல்லிய இருப்புத் தகடொன்று, குச்சியின் நுனியின்மீது பட்டும் படாததுமாக பொருத்தப்பட்டிருக்கும். குச்சியின் காந்தவலிமை வேறுபடுவதற்கேற்றவாறு, முறையே, அத்தகடு முன்னும் பின்னுமாய் அசையும். அதன் முன்புறத்துள்ள காற்றுப்படலங்களில், முறையே, அழுத்தவியல் யதிகளும், விதப்பகலியல் யதிகளும், புயக்கப்படும். அவற்றை யொட்டி ஒலியலைகள் இசைக்கப்படும்.

மைக்ரோபோனும் டெலி போனும்.

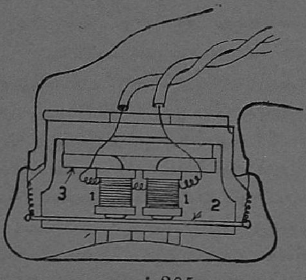
இவை, மைக்ரோபோனின் முன் தகட்டில் விழுந்த ஒலியலைகளை யொத்தவை. ஆதலின் இவ்வொலியலைகள் நமது காதில் விழும்போது மைக்ரோபோனின் முன் தகட்டின்மீது விழுந்த அலைகளை யொட்டிய ஒலியைப்போன்ற தொன்றை நாம் கேட்போம். மைக்ரோபோன் அமைப்பின் பகுதிகள் முன்புறம் திறப்பாகவும் பின்புறம் இருதுளைகளுடனும் கூடிய தக்க பேழையொன்றினுள் வைக்கப்படும்.



படம் 204

தொலையுலம்பிக்கேட்பி—(Telephonereceiver)

1. அசைத்தகடு—(Diaphragm)
2. சுருள்கம்பி—(Coil)
3. காந்தயி—(Magnet)
4. வெளியுறை—(Casing)

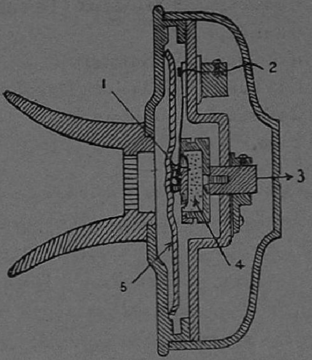


படம் 205

தொலையுலம்பிக்கேட்பி--(Telephone Receiver)

1. கம்பிச் சுருள்—(Coil)
2. தகடு—(Plate)
3. காந்தயி —(Magnet)

திறப்பமான முன்புறம் உள் நோக்கிக் கூம்பியவாறு இருக்கும். கம்பிச் சுருளும், அதன்மையத்து இருப்புக் குச்சியும், அதன் தகடும் தக்கவாறுன குழல்வடிவான பெட்டி யொன்றினுள் வைக்கப்படும். அவ்வமைப்பு, தொலையுலம்பிக் கேட்பி (டெலிபோன் ரிஸீவர்-**Telephone Receiver**) எனப்படும். மைக்ரோபோனின் அமைப்பு முறையையொட்டி, தொலையுலம்பி யிசைப்பி (டெலிபோன் ட்ரான்ஸ் மிட்டர்-**Telephone Transmitter**) அமைக்கப்படும். ஓரிடத்தில் டெலிபோன் ட்ரான்ஸ்மிட்டரை வைத்துவிட்டு, அங்கிருந்து அதிக தூரத்திலுள்ள மற்றொரு இடத்தில் டெலிபோன் ரீஸீவரை வைத்துவிட்டு, அவற்றைக் கம்பிகள் வழியே, பாட்டரியொன்றுடன், முறையே சேர்த்தமைத்தால், ட்ரான்ஸ்மிட்டரில் பேசப்படும் செய்தி, ரிஸீவரால் கேட்கப்படும். இரண்டிடங்களிலும், முறையே, இசைப்பியும் (ட்ரான்ஸ்மிட்டரும்), கேட்பியும் (ரிஸீவரும்) முறையே, அமைக் கப்படின், அவ்விரண்டிடங்களிலுமுள்ளவரிடை அவர்கள் இருக்கும் இடங் களினின்றே, முறையே, பேச்சு வார்த்தைப் போக்குவரத்து நடந்தேறலாம். தொலையுலம்பி ஒப்புரவு (டெலிபோன் ஸிஸ்டம்) நிறுவப்படும். ஓரிடத்திலேயே, மைக்ரோபோனையும் டெலிபோன் ரீஸீவரையும் தக்கத் தொடர்பானவாறு அமைத்தால், மைக்ரோபோன் தகட்டில் விழும் சிற்றொலிகள், காதில் வைக்கப்

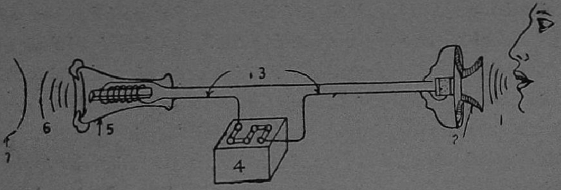


படம் 2·6

தொலையுலம்பி யிசைப்பி—(Telephone Transmitter)

1. பிரிவான கார்பன் குமிழ்—(**Insulated Carbon button.**)
2. மின்னேட்ட நுனிகள்—(**Current Terminals**)
3. நிலநுனி—(**Ground terminal**)
4. கார்பன் பொடிகள்—(**Carbon gransules**)
5. வளைவான தட்டு—(**Flexible Diaphragm**)

பட்ட ரிஸீவரில் கட்டோசைகளாய் கேட்கப்படுவன. மைக்ரோபோனின் தகட்டின்மீது ஒரு மெல்லிய நூலிழை தடவப்பட்டால், அதை யொட்டிய ஒலி, ரிஸீவரில், ரம்பத்தால் மரம் அறுக்கப்படும் போதான சத்தத்தைப்போல் கேட்கப்படும்; அத்தகட்டின்மீது ஒரு ஈ நகர்வதால் அந்நகர்தலின் ஒலி, ரிஸீவரில் தெளிவாய்க் கேட்கப்படும்.



படம் 207

தொலையுலம்பி ஒப்புரவு (**Telephone System**).

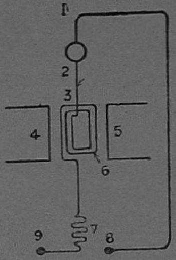
1. பேசப்படலையொட்டி ஒலியலைகள்.
2. தொலையுலம்பி யிசைப்பி (**Telephone Transmitter**)
3. தொடர்புக் கம்பி.
4. மின்கொட்டலி (**Batttery**).
5. தொலையுலம்பிக்கேட்பி (**Telephone Receiver**).
6. கேட்கப்படும் ஒலியலைகள்.
7. காது.

இனி, நுண்மின்னுகைமட்டுதியை (கால்வனுமீடரை)க் கவனிக்கலாம். அது நுண்ணளவான மின்னோட்டங்களை அளவிடும் கருவி. அதில், U-என்ற வடிவாய் வளைந்துள்ள தடிப்பான இருப்புப்பட்டை அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.

கால்வனுமிடர்.

அது காந்தவலிமை மிக்கதாயிருக்கும். அதன் இரு நுனிகளுக்கிடையிலுள்ள இடம் வலிமை மிக்க காந்தப்புலமாய் இருக்கும். அவ்விடத்தில் பொருந்தியவாறு தட்டைக் கம்பிச் சுருளொன்று தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும். அதைத் தாங்கும் கம்பியில் நிலைக்கண்ணாடித்துண்டொன்று பொருத்தப்பட்டிருக்கும் சிறுமின் விளக்கு ஒன்றினின்று வரும் ஒளிக் கதிர்கள் அக்கண்ணாடித் துண்டில் பிரதிபலிக்கப்பட்டு, கால்வனுமீடரின் முன் சற்றுதூரத்தில் பொருத்தப்பட்டுள்ள தேய்க்கண்ணாடி அளவைச் சட்டமொன்றின் (கிரவுண்டு கிளாஸ் ஸ்கேலின்)மீது விழுவன. மின்னோட்டம் தட்டைக் கம்பிச்சுருளின் வழியே செல்லும். அதனால் அக்கம்பிச்சுருளுக்கு செம்மைக்கோணமான வாட்டத்தில் காந்தப்புலம் அமையும். இது, ஆங்கே முன்னுள்ளதற்கு குறுக்கையானது. ஆங்கேயுள்ள

புலத்தின் வலிமை, மின்னோட்டத்தையொட்டி அமையும் புலத்தினதைவிடப் பன்மடங்கு அதிகவளவானது. ஆதலின் அப்புலத்தைத் தன் வாட்டத்தி லமைப்பதற்கென, அது, கம்பிச்சுருளைத் திருப்பும். ஆனால் அது முற்றும் திரும்பிவிடாதவாறு, தாங்குக் கம்பியின் முறுக்கெதிர் வலிமை (டார்ஷன்—Torsion) தடுத்துவிடும். கம்பிச்சுருளில் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் அளவைப் பொருத்தவாறு அதன் காந்தப் புலத்தின் வலிமை இருக்கும்.



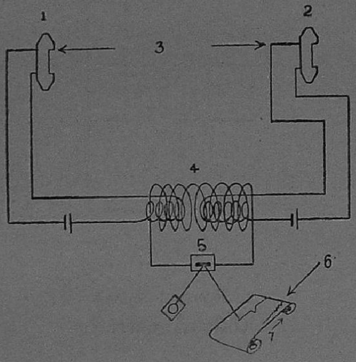
படம் 208

மின்னுகை மட்டுதி
(Galvanometer)

1. மின்னோட்டம் வரும் கம்பி
2. நிலைக் கண்ணாடித்துண்டு
3. மின்னோட்ட மடைப்பகுதி
4-5. காந்தயி ஆயப்பதிகள்
6. தட்டைக் கம்பிச்சுருள்
7. மின்னோட்டம் வெளிச்செல் பகுதி
8-9. மின்னோட்டப் பதிகள்.

மின்னோட்ட அளவு அதிகமானால் அதன் காந்தப் புலத்தின் வலிமையும் அதிக வளவாகும். அவ்வலிமை அதிகமானால், அது நிலைக்காந்தப்புலனால் திருப்பப்படும் வலிமையினளவும் அதிகமாகும். எனவே, அது, தாங்கு கம்பியின் முறுக்கெதிர் வலிமையால் தடுக்கப்படுவதற்குமுன் அதிக வளவு திரும்பிவிடும். அது நிலைப்பி னின்று திரும்பியுள்ள கோணத்தினளவு மின்னோட்டத்தின் அளவைப் பொருத் திருக்கும். கம்பிச்சுருள் திரும்பும்போது, தாங்குக் கம்பியில் பொருத்தப் பட்டுள்ள நிலைக்கண்ணாடித்துண்டும் கூடவே திரும்பும். அது திரும்பும்போது,

அதில் பிரதிபலிக்கப்பட்ட ஒளிக்கதிர்களும் திரும்புகின்றன. எனவே அவை அளவைச்சட்டத்தின்மீது விழும் இடம் முன்னிருந்ததினின்று வேறானதொன்றாகும். அதன் விலக்கம் எவ்வளவானதென, அளவுச்சட்டத்தின் குறியீடுகளினின்று அறியலாம். கம்பிச்சுருள் திரும்பும் கோணத்தினளவைப்பொருத்து அவ்விலக்கத்தினளவு இருக்கும். எனவே விலக்கத்தினளவைக் கொண்டு மின்னோட்டத்தினளவைக் கணக்கிடலாம். இவ்வகையான கால்வனோமீடர் ஒன்றைக்கொண்டு, ஆயிரக்கோடியொரு பங்கு ஆம்பியர் என்ற நுண்ணளவான மின்னோட்டத்தைக்கூட அளவிடலாம்.



படம் 209

ஒலியின் வேகம் அளவிடப்படல்

1, 2. மைக்ரோபோன்கள்
3. இடையிடம்
4. சுருள்கள்
5. கால்வனோமீடர்
6. வெளிச்சம்விழக்குறிப்புகள் அமைக்கபபடல்

காற்றின் வழியே ஒலி செல்லும் வேகத்தை அளவிடுவதற்கான சோதனை செய்யப்படுவதற்கென, இரண்டு மைக்ரோ போன்களும் ஒரு கால்வனோமீடரும் வேண்டப்படுவன. முறையே, ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்று சிலமைல்கள் தூரத்திலான வாறான இரு இடங்களில், முறையே, மைக்ரோபோன்கள் ஒவ்வொன்று வைக்கப்படுகின்றன. அவ்விரு இடங்களுக்கும் மத்தியிலுள்ள ஓரிடத்தில்,

தனி வேறான கம்பிச் சுருள்கள் இரண்டு, முறையே ஒன்றின் பக்கமாய் மற்றொன்றாக வைக்கப்படுகின்றன. இவை 'பிரதமச் சுருள்கள்' (பிரைமரி காயில்கள்-**Primary coils**) எனப்படுபவை.

ஒலியின் வேகம் அளவிடப்படுவதற்கான சோதனை

ஒரு சுருளின் நுனியொன்று ஓரிடத்திலுள்ள மைக்ரோபோனின் கார்பன் குச்சியொன்றுடன் கம்பி வழியே கோக்கப்படும். அந்த மைக்ரோபோனின் மற்றொரு கார்பன் குச்சி பாட்டரியொன்றின் ஒரு முனையுடன் கம்பி வழியே பூட்டப்படும். பாட்டரியின் மற்றொரு முனையும் கம்பிச்சுருளின் மற்றொரு நுனியும் கம்பி வழியே மாட்டப்படும். மற்றொரு பிரதமச் சுருளும், மற்றோரிடத்து மைக்ரோபோனும், மற்றொரு பாட்டரியும், முறையே, மேற்கூறியவாறே தொடுக்கப்படுவன. பிரதமச் சுருள்கள் இரண்டையும், சூழ்ந்துகொண்டும், அவற்றின்மீது படாமல் சற்று விலகியவாறும், உள்ளதான இன்னொரு கம்பிச்சுருள் அமைக்கப்படும். அது தொடரணவுச் சுருள் (ஸெகண்டரி காயில்-**Secondary coil**) எனப்படும். ஒரு பிரதமச் சுருளையும் அதைச் சூழ்ந்தவாறு ஒரு தொடரணவுச்சுருளையும், பிரதமச் சுருளின் நடுக்கூட்டிடத்தில் இருப்புக் குச்சியொன்றையும் கொண்ட பொருத்தலமைப்பொன்று, இயக்கப்புரிச்சுருள் (இண்டக்ஷன் காயில்-**Induction coil**) எனப்படும். மேற்கூறப்பட்டவாறான பொருத்தலணியையொட்டி, நடுக்கூட்டிடத்து இருப்புக்குச்சி அகற்றப்படும். பிரதமச் சுருளில் செல்லும் மின்னோட்டம் ஒரே யளவினதாயிருக்கும்வரை, தொடருணவுச் சுருவில் மின்னோட்டமிருக்காது. பிரதமச் சுருளில் செல்லும் மின்னோட்டத்தினளவு வேறுபடும் தறுவாய்களில், முறையே தொடரணவுச் சுருளில் மின்னோட்டம் உண்டாகும். அவ்வாறு உண்டாவது, இயக்கத்தூண்டலுறுமின்னோட்டம் (இண்ட்யூஸ்டு கர்ரண்டு) எனப்படும். தொடரணவுச் சுருளின் இரு நுனிகளும், முறையே, கால்வனுமீடரினது தட்டைச் சுருளின் நுனிகளுடன் முறையே, கம்பி வழியே, அந்திக்கப்படுவன. சோதனைக் கருவிகளை தக்கவாறு தொடுத்து அமைத்தாய் விட்டது. இனி, சோதனையிலிறங்கலாம். மைக்ரோபோனொன்று மற்றொன்றினின்றுள்ள திசையில், ஒன்றின்முன் சற்றுதூரத்தில் பீரங்கியொன்று வைக்கப்படும். அது சுடப்படுகின்றது. வேட்டுச் சத்தம், பீரங்கியின் அருகிலுள்ள மைக்ரோபோனில் முதலில் விழும். அதனுடன் தொடர்பான பிரதமச் சுருளில் செல்லும் மின்னோட்டத்தினளவு வேறுபட்டு வந்து, பிறகு நிலைப்படும். தொடரணவுச் சுருளில் மின்னோட்டமுண்டாகி, பிறகு, நின்றுவிடும். கால்வனுமீடரின் தட்டைச்சுருளில் மின்சாரம் ஓடி, பிறகு, மறையும். அது திரும்பி, மறிதரும் அளவுச்சட்டத்தின்மீது வேறிடத்தில் ஒளிவிழுமாறாகி, பிறகு, முன்விழுந்திருந்த இடத்திலேயே மீண்டும் விழும். ஒளிக்கதிர்கள் ஆதியில் விழுந்திருந்த இடத்திலிருந்து விலகத்துவங்கும் கணத்திற்கான நேரம் குறித்துக்கொள்ளப்படும். பீரங்கியின் வெடிச்சத்தம் மற்றொரு

மைக்ரோபோனில் சற்றுநேரமானபின் விழும்; அந்த மைக்ரோபோனுடன் தொடர்பான பிரதமச் சுருளில் மின்னோட்ட வளவு வேறுபட்டு, பிறகு, நிலைப் படும். மற்ற நிகழ்ச்சிகளும், மேற்கூறியவாறு, முறையே நடந்தேறுவன. அவற்றையொட்டி, ஒளிக்கதிர்கள் விலகத்துவங்கும் கணத்திற்கான நேரமும் குறித்துக்கொள்ளப்படும். சுருதி கூட்டுக்கவையொன்று பொருத்தப்பட்டுள்ள கருவியொன்று, ஒளிக்கதிர்கள் விழும் அளவுச் சட்டத்துடன் தக்கவகையில் தொடர்பானவாறு அமைக்கப்படுவதையொட்டி, ஒளிக்கதிர்கள், முறையே விலகத்துவங்கும் இரு கணங்களுக்கும் இடைப்பட்டநேரம் மிகநுட்பவானவாறு அளவை செய்யப்படும். அவ்விடைநேரத்தில், ஒரு மைக்ரோபோனுள்ள இடத்தினின்று மற்றொன்றுள்ள இடத்திற்கு ஒலி சென்றுள்ளது. எனவே, அதன் வேகத்தளவைக் கணக்கிடலாம். சோதனை செய்யப்பட்டபோது, வெப்பநிலை $25°C$ எனவும், காற்றில் நீராவியேற்று மிகக் குறைந்திருந்தது எனவும் கொள்ளலாம். மைக்ரோபோனின்களுக்கிடைப்பட்ட தூரம், ஆறு மைல்கள் எனவும், அளவிடப்பட்ட இடைநேரம் 27·78 ஸெகண்டுகள் எனவும் கொள்வோம். காற்றின் வழியே ஒலி செல்லும்வேகம், ஸெகண்டிற்கு $\frac{6 \times 5280}{27 \cdot 78}$ $= 1140$ அடி. என அறியலாம், $0°c$ என்ற வெப்பநிலையில், இது, ஸெகண்டிற்கு, $1140 \times \frac{273}{273+25} = 1074$ அடி. எனக்கணக்கிடலாம். இது, மணிக்கு எழுநூறு மைல்கள் என்ற வேகமாம்.

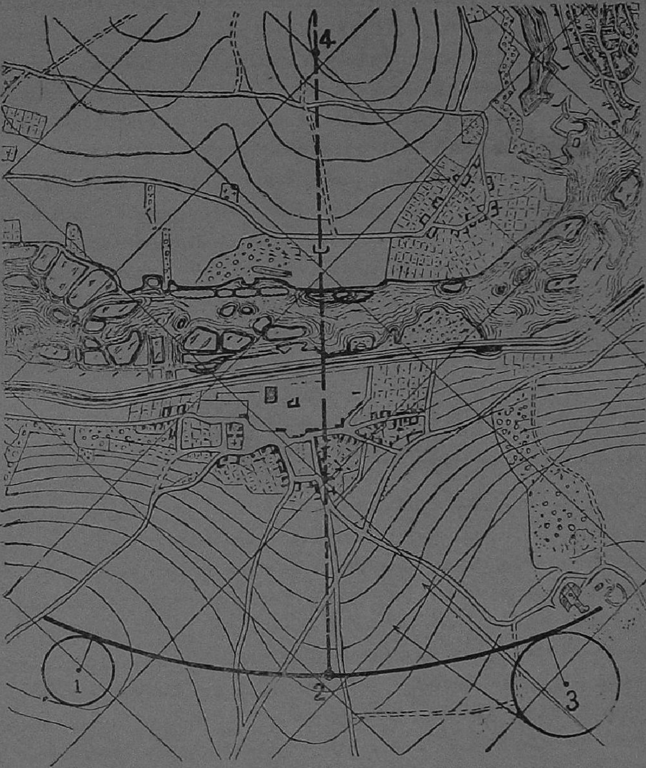
கலங்கரை விளக்குகளினின்று (லைட்கவுஸ்களிலிருந்து–Light house), பளிச்சென ஒளி வீசப்படும்போது, ஆங்கிருந்தே தாண்டுலம்பி (டயோபோன்—Diaphone) என்ற கருவியால், அடல்தாறு (இண்டின்விடி) மிக்க ஒலியும் முழக்கப்படும். கடலில் போய்க்கொண்டுள்ள படகிலுள்ளவர் தாம், முறையே, அவ்வொளியைக் காணும் நேரத்திற்கும், ஒலியைக் கேட்கும் நேரத்திற்குமான இடைவேளையை அளவிட்டு, கலங்கரை விளக்கிலிருந்து தாமுள்ள தூரத்தின் அளவைக் கணக்கிட்டுக் கொள்கின்றனர். ஒளி காணப்பட்டதற்கு அரை நிமிஷத்திற்குப் பின் ஒலி கேட்கப்பட்டால், தாமுள்ள தூரம், $\frac{1100 \times 30}{5280} = 6\frac{1}{4}$ மைல்கள், என, அறிந்துகொள்கின்றனர் (ஒலியின்வேகம், ஸெகண்டிற்கு, 1100 அடி எனக் கொள்ளப்படும்).

டயோபோன்கள்

யுத்தத்தில், எதிரியின் பீரங்கி மறைத்துவைக்கப்பட்ட இடம் எங்குள்ளது, என ஒலி வேகத்தை யொட்டியவாறு, கணக்கிட்டறியப்படுகின்றது. பீரங்கி ஒளிமறைவாய் வைக்கப்படலாம். ஆனால் அது சுடும்போது உண்டாகும் சத்தத்தை அடக்க முடியாது. பீரங்கி சுடப்படும்போது, பளிச்சென

மிளிரும் ஒளி காணப்படும் கணத்திற்கும், படீரெனக் கிளம்பும் வேட்டுச் சத்தம் கேட்கப்படும் நொடிக்குமான இடைநேரத்தை அளவிடல் என்பது, செயல் முறையையொட்டி இயன்ற தொன்றன்று. ஆதலின், படகோட்டிகள் கலங்கரை விளக்கினின்று தாமுள்ள தூரத்தைக் கணக்கிட்டு அறியும் முறையையொட்டி, தம்மெதிரியின் பீரங்கி நாட்டப்பட்டுள்ள இடம் தாமுள்ள இடத்திலிருந்து எவ்வளவு தூர

ஒலியெழும் இடமேது வென நிலவரப்படுத்தல். (ஸவுண்டு ரேஞ்சிங்கு).



படம் 210

ஒலியெழும் இடத்தை நிலவரப்படுத்தல் (**Sound Ranging**).

1, 2, 3—மைக்ரோபோன் அமையிடம்.
4—பீரங்கியுள்ள இடம்.

மானது, என, ஒரு கட்சியினரால் அறியவொட்டாதுள்ளது. ஆயினும், மற்றொரு முறையை யொட்டி, எதிரியின் பீரங்கி எங்குள்ளது எனக் கணக்கிட்டறியப் படுகின்றது. ஒன்றிலிருந்து அதற்கடுத்ததற்கு அரைமைலளவு இடைத்தூரம் விட்டவாறு, மூன்று மைக்ரோபோன்கள், முறையே, வைக்கப்படுகின்றன. நடுவிடமொன்றினுக்கு, அம் மூன்றிலிருந்தும், முறையே, கம்பிகள் வருகின்றன. ஒவ்வொரு மைக்ரோபோனும், கால்வனுமீட்டர்கள் ஒவ்வொன்றுடன், அதனதற்கான தொடரணவுப் பிரதமச் சுருளுடன், முறையே தொடுக்கப்படும். இங்ஙனம், மைக்ரோபோன்-தொடரணவுப் பிரதமச் சுருள்கள்—கால்வனுமீடர்-என்றவை, முறையே, தொடுப்பான பொருந்தல்களின் பாற்பட்ட கால்வனுமீட்டர்கள் மூன்று, தனிவேறானவாறு ஒரேயிடத்தில் உள்ளன. எதிரியின் பீரங்கி சுடப்படுகின்றது. வேட்டையொட்டிய யதிகள் மூன்று மைக்ரோபோன்களிலும் ஒரே சமயத்தில் விழமாட்டா. ஒவ்வொரு கால்வனுமீட்டரிலும், அதனதனுடன் தொடர்பான மைக்ரோபோன்களில் ஒலியலைகள் விழும் நேரங்களை யொட்டி, முறையே, ஒளிக்கதிர்கள் அளவுச் சட்டத்தில் விழும் இடங்கள் வேறானவையா யாகும். அந்நேரங்கள், முறையே குறிப்பிட்டுக் கொள்ளப்படுகின்றன. அம்மூன்று தொடுப்புப் பொருந்தல்களை, முறையே, 'க', 'ங', 'ச', எனச் சுட்டுவோம். 'ங' வில் முதலில் ஒலியலைகள் விழுகின்றன, எனவும் அதற்கு $\frac{2}{5}$ ஸெகண்டுக்குப் பிறகு, 'க'வில் ஒலியலைகள் விழுகின்றன எனவும், அதன் பிறகு $\frac{1}{2}$ ஸெகண்டானபோது, 'ச' வில் ஒலியலைகள் விழுகின்றன எனவும், கொள்வோம். 'ங' வில் ஒலியலைகள் விழுந்து கொண்டிருந்த அந்நேரத்திலேயே, 'க' வை நோக்கி வந்துகொண்டிருந்தவை, அதிலிருந்து $1100 \times \frac{2}{5} = 440$ அடி தூரத்திலும், 'ச'வுக்கு வந்துகொண்டிருந்தவை, அதிலிருந்து $\frac{1100}{2} = 550$ அடி தூரத்திலும் இருந்தவை. நாட்டுப் படமொன்றில் (மாப்பில்-**Map**), 'க', 'ச' என்ற இடங்கள், முறையே, சுட்டப்பட்டுள்ள வைப்புகளில் புள்ளிகளைக் குத்தி அவற்றை, முறையே நடுக்களாய்க்கொண்டு வட்டங்களை வரையவேண்டும். 'க' வை நடுவாய்க்கொண்ட வட்டத்தின் ஆரை, '440 அடி'க்கு, நாட்டும் படத்தை யொட்டிய வீதமட்டு (ஸ்கேல்) வின் அளவினதாயும், 'ச' வைச் சுற்றிலும் வரையப்படுவதின் ஆரை (ரேடியஸ்-**Radius**), 550 அடிக்கான வீதமட்டளவினதாகவும் இருத்தல் வேண்டும். 'க' வின் வட்ட வரையில் (ஸர்கம்பரன்ஸில்-**Circumference**) அமைந்த ஓரிடத்திற்கும், 'ங' வுக்கும், 'ச' வின் வட்ட வரையிலமைந்த ஓரிடத்திற்கும், ஒரே வேளையில், முறையே ஒலியலைகள் வந்தவை. 'ங' வும், 'க' வின் வட்டவரையில் அமைந்த ஓரிடமும், 'ச' வின் வட்டவரையில் அமைந்த ஓரிடமும், பீரங்கியின் நாட்டவிடத்தினின்று, முறையே நிகர்த்தூரமானவையாய் இருத்தல் வேண்டும், என, அறியலாம். 'ங' வினூடேயும், 'க' வின் வட்டவரையையும், 'ச' வின் வட்டவரையையும்,

முறையே தொட்டுக்கொண்டுள்ளவாறும் வரையப்பட்ட வட்டத்தின் நடுப்புள்ளி, படத்திலுள்ள வைப்பு, பீரங்கியின் நாட்டவிடத்தைச் சுட்டும். இவ்வாறு நாட்டுப்படத்திலானவாறு பீரங்கியுள்ள இடம் நிலவரப்படுத்தப்படலாம். மேற்கூறப்பட்ட அளவைகளைக்கொண்டு வட்டங்கள் வரைந்து கணக்கிட்டால், பீரங்கி, 'ங' விலிருந்து 7200 அடி தூரத்திலும், க-ங-ச அமைந்த கோட்டின் திசைக்கு 89° கோணமான திக்கிலும் இருக்கும், எனத் தெரியவரும்.

அழுத்தவியல்யதிகள் எல்லாவகைப் பொருள்களிலும் ஏற்படக்கூடியவை. நீரில் அவ்வகையதிகளும் அவற்றின் உடன்தொடர்பான விதப்பகல் யதிகளும், பயத்தப்பட்டு, அலைகள் இயக்கப்படலாம். இவ்வாறான அலைகள், பரப்பு ஆர்த்திகலை (ஸர்பேஸ்டென்ஷனை) யொட்டிய அலைகளினின்றும், நிலக்கவர்ச்சியை யொட்டியவற்றினின்றும், முறையே, வேறுபட்ட வகையானவை. அழுத்தவியல்-விதப்பகலியல்யதிகள் திடப்பொருள்களின் வழியேயும் இகைக்கப்படலாம். திடப்பொருள்களில் ஏற்படும், குறுக்கை அலைகள் வேறுவகையானவை திடப்பொருள்களையும் திரவங்களையும், முறையே, அமுக்குதற்கென, அதிக வளவான வலிமை வேண்டப்படும், என அறிவோம். எனவே யதிகளைப் பயத்தற்கென அதிக வளவான வலிமை வேண்டப்படுகின்றமையின், அப்பொருள்களின் வழியே அவை இகைக்கப்படும் வேகத்தினளவு அதிகமாகும். திடப்பொருள்களும் திரவங்களும், முறையே, காற்றைவிடப் பன்மடங்கு அதிக செறிவானவை. செறிவு அதிகமானால், வேகம் குறையும்,

திடப்பொருள்களிலும் திரவங்களிலும் செல்லும் யதியலைகளின் வேகம்

ஆயினும், அழுத்தவியல் வலிமையையொட்டி யேற்படும் வேக மிகுதி, செறிவையொட்டி யேற்படும் வேகக்குன்றலைவிட அதிகமாயுள்ளது. ஆதலின், திட, திரவப்பொருள்களில், யதியலையியக்க வேகங்கள் காற்றிலானதைவிட, முறையே, பன்மடங்கு அதிகமாயுள்ளவை. இரும்பினது அழுத்தம் தாங்கும் வலிமை, காற்றினதைவிட பன்னிரண்டுலக்ஷம் மடங்கு அதிகமானது. இரும்பின் செறிவு காற்றினதைவிட ஆறாயிரத்து முப்பது மடங்கு அதிகமானது. எனவே, இரும்பில் யதியலைகள் செல்லும் வேகம், காற்றில் அவை செல்லும் வேகத்தைவிட $\sqrt{\frac{1200,000}{6030}}$ $= 14$ மடங்கு அதிகமானது. சோதனை செய்து அளவிட்டுப்பார்த்தால், விதிமுறையையொட்டிய முடிவு, சரியானதேயெனக் காணலாம். நீரோட்டமுள்ள நீண்ட இருப்புக்குழாயொன்றின் ஒரு நுனியில் நாம் காதை வைத்துக்கொண்டிருக்கும்போது, அக்குழாயின் மற்றொரு நுனியை ஒருவர் சுத்தியால் தட்டினால், அவ்வடியின் சத்தம் மூன்றுவிதமாய் கேட்கப்படும். ஒன்று, காற்றின் வழியே கேட்கப்படுவது; மற்றொன்று நீரின் வழியே வரும் ஒலி; மற்றுமானதொன்று இரும்பின் வழியே இகைகப்படும் ஒலியலைகளை யொட்டி

உண்டாவது. கெடியாரமொன்றை நீளமேஜையின் ஓரப்பகுதியின்மீது வைத்து விட்டு, மற்றொரு ஓரத்தில் காதை வைத்துக் கேட்போமாயின், அதன் டிக்டிக். சத்தம் தெளிவாய்க்காதில் விழும். கெடியாரத்தின் கிட்ட நின்று கொண்டிருக்கும் போதுகூட, அச்சத்தம் அவ்வளவு தெளிவாய் கேட்கப்படுவதில்லை. ஓரடித் தூரம் காற்றின் வழியே வரும் ஒலியைவிட அதிகச் செம்மையாய் பத்தடி தூரம் மரப்பலகையின் வழியே வரும் ஒலி கேட்கப்படும்.

பெருவாரியான மூலத்துகள்களைக்கொண்ட அழுத்தவியல் அலைகளாலானது ஒலி. எனவே, மூலத்துகளேயில்லாத இடத்தில் ஒலியலைகள் உண்டாதல் முடியாது. மூலத்துகள்களே யில்லாத இடம் முற்றுமான வெற்றிடம். அதன் வழியே ஒலி செல்லல் இயலாது. முற்றுமான வெற்றிடம் அமைத்தலென்பது செயல் முறையையொட்டி சாத்தியமன்று, எனக்கூறியுள்ளோம். ஆதலின் நம்முலகில் ஒலிசெல்ல வியலாத இடம் எங்கும் இல்லை, எனலாம். ஆயினும் நாமமைக்கும் வெற்றிடத்தில், சாதாரணபோதானதைவிட மிகக்குறைந்த தொகையினவான மூலத்துகள்களே இருப்பன. அவ்விடத்தின் வழியே ஒலியலையியக்கம் சொற்பமாகவே நடைபெறும். அதுக்கு மணியேலுதக் கெடியாரம் (அலாரம் டைம்பீஸ்-**Alarm Time-piece**) ஒன்றின் மணிகொட்டு விசையை முருக்கிவிட்டு, அதை கண்ணாடி அடைப்பான இடத்தில் வைத்து, அவ்விடம் வெற்றிடமாகுமாறு செய்தால், மணிகொட்டோசை கேட்காது; மணியின் கண்டை ஆடிக்கொண்டிருப்பதைக் காணலாம். உயரமான மலைகள் மீதுள்ள இடங்களில் காற்றின் அமுக்கம் குறைந்திருக்கும்; மூலத்துகள்களின் தொகை குறைவாயிருக்கும். ஆங்கு ஒருவரின் பேச்சுக்குரல் சிங்கலாய்க் கேட்கப்படும். நமது உலகத்திற்கு அப்பாலுள்ள பரந்த அம்பலம் ஒலியற்ற அமைதி நிலவியுள்ளது.

நமது காதில் விழும் ஒலியொன்றின் சுரத்தனை (பிட்சு) அதன் துலித நிரல்மானத்தைப் பொருத்திருக்கும், எனக் கூறினோம். எச்சு சுரம், தக்கு சுரம், என்ற உணர்ச்சிகள் காதில் உண்டாகின்றவை. எனவே, ஒரு ஸெகண்டில்

டாப்ளர் விளைப்பாடு.

காதில் விழும் அலைகளின் தொகையைப் பொருத்தவாறு, சுரத்தனையின் தன்மை உணரப்படும். இடம் பெயராது நிலையாயுள்ள வஸ்து ஒன்றினால் ஒலியலைகள் எழுப்பப்பட்டால், அதன் துலிதநிரல்மானத்தின் எண்ணிக்கையான ஒலியலைகள் ஒரு ஸெகண்டில் பயத்தப்படுகின்றன. அவை, கேட்பவர் காதில் விழுகின்றன. ஒரு ஸெகண்டில் காதில் விழும் ஒலி அலைகளின் தொகையும் துலிதநிரல்மானமும் நிகரளவாயுள்ளன. ஆதலின் அவ்வஸ்துவின் பாற்பட்ட துலிதநிரல்மானத்தையொட்டிய சுரம் காதால் கேட்கப்படும். ஆனால், ஒலியெழுப்பும் வஸ்து நிலைப்பாயில்லாமல், கேட்பவருள்ள இடத்தை நோக்கிச்

சென்றுகொண்டாவது, அவருள்ள இடத்தினதற்கு எதிர் திக்கானவாறு போய்க் கொண்டாவது, இருப்பின், வஸ்துவின், துவிதநிரல்மானமும் காதில், ஒரு ஸெகண்டில் விழும் அலைகளின் எண்ணிக்கையும் நிகரளவாயிரா. ஒருவருக்கு முன், ஆயிரத்து நூறு அடி தூரத்தில் வஸ்துவொன்று ஒலித்துக்கொண்டுள்ளது, எனவும், அதன் துவிதநிரல்மானம், 312, எனவும் கொள்வோம், ஒரு ஸெகண்டில், 312 அலைகள் உண்டாகின்றன. ஒவ்வொன்றின் அலைநீளமும். முறையே $\frac{1100}{312} = 3\frac{164}{312}$ அடி, இருக்கும். இவ்வலைகள் ஒவ்வொன்றும், முறையே காதுக்கு வருகின்றன. அது வரும் தூரம் 1100 அடி. எனவே, அது காதைச் சேர, ஒரு ஸெகண்டாகும். அவ்வலைகள் பயத்தப்பட்ட நேரத்திற்கு ஒரு ஸெகண்டிற்குப் பிறகு, காதிலும், முறையே, 312 அலைகள் விழுகின்றன, அவ்வெண்ணையொட்டிய சுரம் காதில் கேட்கப்படும். வஸ்து நிலைப்பாயில்லாமல் ஸெகண்டிற்கு 44 அடி என்ற வேகத்துடன் காதை நோக்கிச் சென்றுகொண்டுள்ளது, எனக் கொள்வோம். வஸ்துவில் ஒரு ஸெகண்டில் பயத்தப்பட்ட 312 அலைகள், 1100-44 = 1056 அடி. தூரத்தினுள் அடங்கிவிடவேண்டியதாகின்றன. எனவே, அலைநீளம் $\frac{1056}{312} = 3\frac{120}{312}$ அடி. ஆகும். அலையியக்கவேகம் அலைநீளவேறுபாட்டையொட்டி வேறுபடுவதில்லை. ஆதலின், ஒரு ஸெகண்டில் காதில் விழும் அலைகளின் தொகை, ஒரு ஸெகண்டில் அலையியக்கம் செல்லும் தூரத்தில் அடங்கியுள்ள அலைகளின் எண்ணிக்கையானது. 1100 அடியில் ஒவ்வொன்றும் $3\frac{120}{312}$ அடி. அலைநீளமான, $1100 \times \frac{312}{1056} = 325$ அலைகள் இருப்பன. இவை, காதில் விழுகின்றன. '325' என்ற துவித நிரல்மானத்துக்கான சுரம் காதால் கேட்கப்படும். வஸ்து, காதை நோக்கிச்செல்லாமல், காதுவுள்ள திக்கிற்கு எதிர்முகமானவாறு, ஸெகண்டிற்கு 44 அடி என்ற வேகத்துடன் போய்க்கொண்டிருந்தால், அலைநீளம், $\frac{1100 + 44}{312} = 3\frac{208}{312}$ அடி ஆகும். 1100 அடி நீளத்தில் ஒவ்வொன்றும் $3\frac{208}{312}$ அடி நீளமான, $\frac{1100 \times 315}{1144} = 300$ அலைகள் இருப்பன. காதில் கேட்கப்படும் சுரம், '300' என்ற துவிதநிரல்மானத்தினதாயிருக்கும். இம்முறையையொட்டி, வஸ்து நிலைப்பாகவும் கேட்பவர் சலனத்துடன் இருக்கும்போதும், வஸ்துவும் கேட்பவரும் சலனமாயுள்ளபோதும், முறையே, சுரத்தை எவ்வாறு வேறுபடும், எனக்கணக்கிடலாம். மேற்கூறியவாறான சுரத்தை வேறுபாட்டை நாமெல்லோரும் சாதாரண நிகழ்ச்சியாய்க் கவனித்திருக்கிறோம். இருப்புப்பாதை நிலையத்து மேடையின் மீது (ரயில்வே ஸ்டேஷன் பிளாட்பாரத்தின்மீது) நின்று கொண்டுள்ளோம். திறலோச்சலி (எஞ்சின்) ஊதிக்கொண்டு வருகின்றது. நாம் நின்று கொண்டுள்ள இடத்தைக்கடக்கும்போது ஊதொலியின் சுரம் தாழ்கின்றது. நம்மைக் கடந்தவுடன், அது, இன்னும் தாழ்கின்றது. மேற்கூறப்பட்டவாறு, சலனத்

தையொட்டி, ஒலி கேட்கப்படும்போது சுரத்தனைகள் வேறுபடல், என்ற நிரலுக்கு டாப்ளர் விளைப்பாடு (Doppler Effect) என்று பெயர்.

எல்லாவகையான அலைகளும் தடுப்பை மோதி பிரதிபலிக்கக்கூடியவையே, ஒலியலைகள் பிரதிபலிக்கப்படலையொட்டி, எதிரொலி உண்டாகின்றது, என, எல்லோரும் அறிவர். தடுப்படையடுத்துள்ள காற்றுப்படலத்திலமைந்த மூலத்துகள் நெருக்கப்படுகின்றன. தடுப்பைத் தள்ளிக் கொண்டு செல்லல் இயலாது. எனவே, தம் பின்புறப்படலத்துள்ளவற்றை அவை அமுக்குகின்றன. அவை அவற்றின் பின்புறமுள்ளவற்றை அமுக்குகின்றன. இவ்வாறு, முறையே, அமுக்கயதி பின் வாட்டமாய் மீள்கின்றது. அதுவே எதிரொலியதி. உயரமான சுவர்கள், மதில்கள், செங்குத்தாய் எழும் குன்றுகள், முதலானவற்றின் முன் தக்க தூரத்தில் நின்று கொண்டு நமக்குத் தோன்றியவாறெல்லாம் கத்திக் கூக்குரல் போட்டு, தம் எதிரொலியைக் கேட்டு மக்கள் மகிழ்தல், சகஜம்.

எதிரொலியும் கடலின் ஆழத்தை அளவிடலும்

எதிரொலியைக்கொண்டு கடலின் ஆழத்தை அளவிடும் முறையொன்று ஏற்பட்டுள்ளது. நீர்மட்டத்திற்குச் சற்று கீழே, ஒலியெழுப்பும் சாதனமொன்றும், நீரில் மூழ்கியவாறு அமைக்கப்படுவதற்கென ஏற்றவாறு செய்யப்பட்ட டெலிபோன் கருவியொன்றும், தக்கவாறு பொருத்தப்படுவன. ஒலி கிளப்பப்படும் நேரமும், டெலிபோனில் எதிரொலி கேட்கப்படும் நேரமும், முறையே குறித்துக்கொள்ளப்படுவன. இடை நேரத்தளவு அறியப்படும். அது, ஆறு ஸெகண்டுகள், எனக் கொள்வோம். கடல் நீரினூடே ஒலி செல்லும் வேகம், ஸெகண்டிற்கு 4728 அடி. எனவே, கடலின் ஆழம், $\frac{4728 \times 6}{2} = 14,184$ அடி. இன்னும் குறைந்த ஆழமான இடமாயிருந்தால் இடை நேரத்தளவு குறைந்திருக்கும். அவ்வாறுனவற்றை அளவிடுதற்கென, ஸெகண்டில் ஆயிரத்திலொரு பங்கு அளவான கால நுட்பத்தையும் திட்டமாய்த் தெரியப்படுத்தும் சாதனம் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இது டெலிபோனுடன் தொடர்பானவாறு பொருத்தப்படும். தானே நிரலாகும் (ஆடோமாடிக்கு) முறையையொட்டி, ஒலியுண்டாகும் நேரத்திற்கும், எதிரொலி கேட்கப்படும் நேரத்திற்குமான இடைவேளையினளவு குறிப்பிடப்படும். எதிரொலிபெறு ஆழமளவிடும் ஆயத்தவேதி (எக்கோஸவுண்டிங்கு அப்பாரேடஸ் **Echo sounding apparatus**) யைக்கொண்டு கடல் நீரினடியிலுள்ள நிலத்தின் மேடு பள்ளங்கள் எவ்வாறுனவை என அறிய முடியும்; சேதப்பட்டு மூழ்கிக் கிடக்கும் கப்பல்களுள்ள இடங்களை நிலவரப்படுத்தலாம்; மீன் மொய்கள் மண்டியுள்ள புலங்கள் எவ்வாழங்களில் உள்ளன, என அறியலாம். அம்மீன்கள் எவ்வளவான ஆழங்களில் நீந்திக்கொண்டுள்ளன, என அறிய ஏதுவாகின்றது.

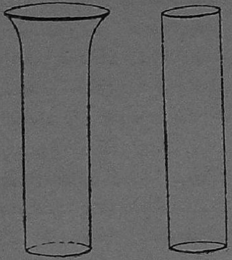
நமது இற்றை வாழ்க்கை சொற்பொழிவுகளும் இசை முழக்கங்களும் நிறைந்தது. அந்நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறற்கான மன்றங்களும் கூடங்களும், செவ்வனே ஒலிபரவும்படியானவாறு அமைக்கப்படல்வேண்டும். அவற்றின் 'ஆகுலக்கேளிராசி' (அக்கூஸ்டிக்குப்) பண்புகள் சிறப்பாயிருப்பின், அந்நிகழச்சிகள் பொலிவுறுவன. முதல் நான்கைந்துவரிசைகளுக்கு அப்பால் ஒலி கேளாதவாறு அமையுண்ட பெரும் மன்றங்கள் பல நம் நாட்டில் நிருமிக்கப்பட்டுள்ளன. அவ்வகன்ற மன்றங்களில், ஒலியலைகள் மேலுங்கீழுமாய் பன்முறைப்பலவாறு பிரதிபலிக்கப்பட்டு, ஒரே குழப்பமாய்ப் புரண்டுகொண்டிருப்பன. மேடை நிகழ்ச்சிகளையொட்டிய ஒலிரீதியாய்ச் சீருடன் கேட்போருள்ள இடத்தை நோக்கிப் பரவுவதில்லை. மேடைமீதிருந்து பேசப் படும் ஒவ்வொரு சொல்லும் கேட்பவர் எல்லோரின் செவிகளிலும் தெளிவாய்ப் படுமாறு மன்றம் அமைக்கப்படல்வேண்டுமாயின், அதில் பேசுவோரின் சொற் களினால் எழுப்பப்படுமாறான ஒலியலைகளை, சுவர்களினாலும் விதானத்தினாலும் பிரதிபலிக்கப்படுவனவான ஒலியலைகள் குறுக்கிடல் கூடாது. பிரதிபலிப்பு அலைகள் குறுக்கிடாவாறு செய்யப்படுவதற்கென்றான முதல்வழி, அவை அதிக மாய் உண்டாகாவாறு சுவர்களை அமைத்தல், என்பதே. சுவர்களின் மீது, திரைச்சீலைகள், இரத்தினக் கம்பளங்கள் முதலான ஒலியைக் கிரகிக்கும் பொருள்களைத் தொங்கவிட்டால், பிரதிபலிப்பு குறைவுபடும். ஆகுலக்கேளிரா சிக்காரை (அக்கூஸ்டிக் பிளாஸ்டர்—Acoustic Plaster) சுவர்கள்மீது பூசப் படலாம். அக்காரை பூசப்பட்ட சுவர்களில் ஒலியலைகள் பிரதிபலிக்கப்படா வாவன; ஆங்கே ஆழ்ந்துவிடுகின்றன. சுவர்கள் முதலானவற்றினால் பிரதி பலிக்கப்புட்டு மீள்வனவான ஒலியலைகள் கேட்போர் உட்காரும் இடங்களின் வாட்டங்களில் செல்லாவாறு, கட்டிடத்தை நிருமித்தல், என்பது இரண்டாம் வழி. பிரதிபலிப்பு அலைகளும் நேர்முகமான அலைகளும் ஒருங்கே கேட்போர் காதுகளில் விழலாகும்படி கட்டிடத்தை அமைத்தல் என்பது மூன்றாம் வழி. பிரதிபலிப்பு விரைவாய் ஏற்படினும், அவ்வலைகள் கேட்போர் காதில் நேர்முக மான அலைகளுடன் குழப்பமாகாவாறு விழுவனவானமையின் பேச்சு தெளிவாய் கேட்கப்படும். மும்முறைகளையும் யொட்டியவாறு அமைக்கப்படுமாறான மன்றங்கள் ஆகுலக் கேளிராசிப்பண்புகள் சிறந்தவை. மரக்கடசல் வேலைகளும், அலங்கார ஓட்டுகளும், செதுக்குச் சிற்பங்களும், ஒலியலைகளைப் பலவாறு சிதறடிக்கின்றன. அவற்றாலான குழப்பவொலி மன்றம் முழுதும் நிறைந்து, பேசுவோரின் சொற்கள் தெளிவாய்க் கேளாதவாறு, தடை செய்கின்றன. இக்காலத்தில், மன்றமொன்று நிருமிக்கப்படுவதற்குமுன், அதன் நிர்மாண முறையைத் திட்டம் செய்யும் சிற்பி, தனது திட்டத்தையொட்டிய மன்றத்தின் சந்தமானல் (மாடல்) ஒன்றை அமைப்பார். ஒலியலைகளை, மின்சுடர் ஒளியைக்கொண்டு 'கேழ்ப்பொறிப்பு' (போட்டோ கிராப்) செய்யலாம்.

மன்றங்களின் ஆகுலக் கேளிராசி.

அம்முறையை அனுசரித்து, தனது சந்தமானவியில் எற்படும் பிரதி பிரதிபலிப்பு அலைகள் எங்ஙனமுள்ளவை, என 'பொறிப்பு' (போட்டோ) செய்து ஆராய்வார். தக்கவாறு சந்தமானலை (மாடலை) மாற்றியமைப்பார். பல தடவைகள் தக்கவாறு மாற்றி மாற்றிவந்து, சிறந்த ஆகுலக்கெளிராசிப்பண்பு (அகுஸ்டிக்கு குவாலிடி)க்கான அமைப்பு வகை எதிர்வன நன்கு திருந்தியவாறு திட்டம் செய்வார். அதன் பிறகே, மன்றக்கட்டிடவேலை துவங்கப்படும்.

குரலொலி எழுப்பல்,

கேட்டுக்கேட்டு அலுத்துப்போயிற்று. ஒலிகளை எழுப்புவோம். துடி துடிப்பி (வைப்ரேடர்) ஒன்றின் இயக்கத்தால், ஒலியலைகள் பயத்தப்படுகின்றன, என, நாமறிவோம். ஒலிகளையெழுப்பற்கான துடிதுடிப்பிகள் நமது தொண்டைகளில் உள்ளன. அவை, குரலொலி யுண்டாகும் உறுப்பான குரல்வளை அல்லது குழனிப்புட்டில் (லாரிங்கிஸ் **Larynx**) என்பதில் உள்ளவை.

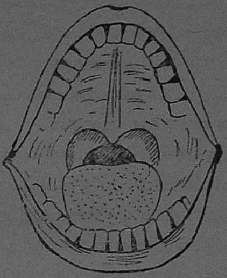


படம் 211-212

குரல் நாண் தோற்றம் சாதாரணபோதும் விரிந்தபோதும்.

மூச்சுக்குழாயின் மேற்பகுதி ஒருவாறு மாற்றப்பட்டு அமைந்த உறுப்பு, குரல்வளையாம். அதிலுள்ள துடிதுடிப்புச் சூத்திரத்தை (வைப்ரேடிங்கு மெகானிஸத்தை-**Vibrating Mechanism**)க் கவனிப்போம். அது, நான்கு கார்டிலேஜ்களின் பொருந்தலால் அமைந்தது. அவை ஒன்றின் மீதொன்றாய்த் தழுவியவாறு அசையக் கூடியவை. அவ்வசைவுகள், பல தசைகள் தக்கவாறு சுருங்கலையொட்டி பயத்தப்படுபவை. அந்த கார்டிலேஜ்கள், முறையே, தைராயிடு, 'கிரிகாயிடு', இரண்டு 'ஆரிடினுயிடுகள்' (**Thyroid, Cricoid, Aridinoids**) எனப்படுபவை. கிரிகாயிடின் மேற்பகுதி, ஆரிடினுயிட்கள் என்ற பட்டைக் கூம்பான (பிரமிடிகலான-**Pyramidical**) இரு கார்டிலேஜ்களால் சூழப்பட்டிருக்கும். அசைக்கவியன்ற மூட்டுகளால் அவை கிரிகாயிடுடன் பொருத்தப்பட்டவை. கிரிகாயிடுடன் பொருந்தியிருக்குமாறு அவற்றை லிகமண்டுகள்

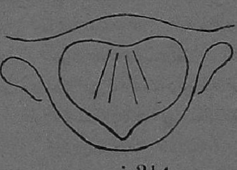
பிடித்துக்கொள்கின்றன. ஆதலின், கிரிகாயிடு கார்டிலேஜின் அசைவுகளைத் தொடர்ந்தவாறு, ஆரிடினயிடு கார்டிலேஜ்கள் அசைகின்றவை. ஆரிடினயிட்



படம் 213

திறந்த வாய்

கார்டிலேஜைகளையும், தைராயிட் கார்டிலேஜின் முன்புற உள் வாட்டத்தையும் தொடுத்தவாறு, மீள்விறலான (எலாஸ்டிக்கான) இழு நார்க்கற்றைகள் பொருந்தியுள்ளன. அவை, கோழையேடாலான (மியூகஸ் மெம்பிரேனிலான-**Mucous Membrane**) பல மடிப்புகளிடை அழுந்தியுள்ளவை. அந்நார்க்கற்றைகள், குரல் நாண்கள் (வோகல் கார்டுகள்-**Vocal cords**) எனப்படுகின்றன. ஆண்களினவை, $\frac{3}{5}$ அங். நீளமிருப்பவை; பெண்களினவை, $\frac{10}{23}$ அங். நீளமிருப்பவை. குரல் நாண்கள் ஒவ்வொன்றும், தைராயிட் கார்டிலேஜின் நடுவினருகில், அதனுடன், முறையே, சேர்க்கப்பட்டுள்ளன. அவை முழு நீட்சியானபோது, அவற்றின் விளிம்புகள் நெருங்கி வந்திருப்பன. இருவிளிம்புகளிடையுள்ள சந்து மிக மெல்லிதாயிருக்கும். பேசும்போதும், பாடும்போதும், மூச்சுக்காற்று அச்சந்



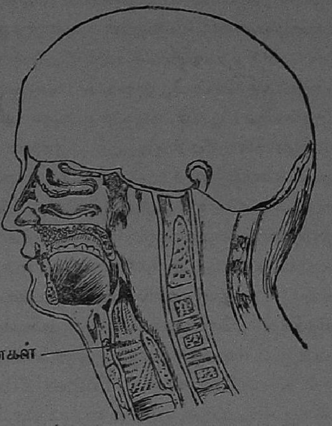
படம் 214

வாரஞ்சிக்குவை—(Glottis)

தின் வழியே செல்லும். அதற்கு வாரஞ்சிக்குவை (கிளாட்டிஸ்—**Glottis**) என்று பெயர். குரல் வளையின் மேற்புறமாய், உள்நாக்கு எனப்படும் 'மீவாரஞ்சிக்குவை' (எபிகிளாட்டிஸ் — **Epiglottis**) உள்ளது. இது ஒலியெழுப்பும் பணியிலீடுபடும் உறுப்பன்று. அது கார்டிலேஜ்நார்களாலான குரல்வளைமூடி;

தைராயிட் கார்டிலேஜின் முற்பகுதியுடன் லிகமண்டுகளால் பிணைக்கப்பட்டது. குரல்வளையின் மேல் திறப்பை (குரல் நாண்களினிடையிலுள்ள சந்து) உணவு விழுங்கப்படும் தறுவாயில், எபிகிளாட்டிஸ் மூடிவிடும். அவ்வாறு மூடப்படுவதால், உணவு உண்டைகளும் நீர்த்துளிகளும் மூச்சுக்குழாய்க்குள் (டிராகியாவினுள்) புகவொட்டாது தடுக்கப்படுகின்றன, என முன் அத்தியாயமொன்றில் கூறியுள்ளோம். பேசாமலும் பாடாமலும், அமைதியாப் மூச்சுவிட்டுக்கொண்டுள்ள போது குரல் நாண்கள் தளர்ந்தவாறு உள்ளன. ‘கிளாட்டிஸ்’ என்ற-சந்து, நன்கு திறப்பானவாறு இருக்கும். மூச்சு தாராளமாய் போய் வந்துகொண்டிருக்கும். பேசவாவது பாடவாவது விரும்பும்போது குரல்நாண்கள் நெருங்கி வருமாறு, அவற்றை, சிலதசைகள் இழுக்கின்றன. நுரையீரலினின்று வெளிப்படும் காற்றின் வீச்சால், குரல் நாண்கள் துடிதுடிக்கின்றன. வெளியேறும் காற்று, அத்துடிதுடிப்புகளை யொட்டியவாறு, குப்-குப் என விட்டு விட்டு வெளியே செல்லும். அழுத்தலியல் யதிகளையும் விதப்பகலியல்யதிகளையும் கொண்டதாயிருக்கும். அவற்றைப்பொருத்தான ஒலியலைகள் வெளிக்காற்றில் இசைக்கப்படுவன. குரல் நாண்கள் இழுபடும் வலிமை (ஆர்த்திகல்-டென்ஷன்) தக்கவாறு வேறுபடுவதை யொட்டி, சுரத்தனை வேறுபாடுகள், முறையே, பயத்தப்படுகின்றன. தைராயிட் கார்டிலேஜையும், ஆரிடினுயிட் கார்டிலேஜ்களையும் தொடுக்கும் தசைகள் சுருங்கும்போது, அக்கார்டிலேஜ்கள் நெருங்கி வருகின்றன. குரல் நாண்கள் தளர்வாகின்றன. கிரிகாயிட்—தைராயிட் கார்டிலேஜ்களிடைப் பொருந்தியுள்ள தசைகள் சுருங்கும்போது, கிரிகாயிட் கார்டிலேஜ் சுழன்று, ஆரிடினுயிட் கார்டிலேஜ்களை பின்வாட்டமாய்ச் சாய்வுறு செய்கின்றது. குரல் நாண்கள் இழுபடுகின்றன. ஆரிடினுயிட் கார்டிலேஜ்களின் ஓரங்கள் விலக்கமானவாறு இழுபடற்கேற்றபடி, முன் வாட்ட கிரிகாயிட் — ஆரிடினுயிட்களினிடையான தசைகள் பொருத்தியுள்ளன. ஆரிடினுயிட் கார்டிலேஜ்களுடன் குரல் நாண்கள் சேர்ந்துள்ளவையாதலின், ஓரங்கள் விலகியவாறு இழுபடும்போது, மூச்சுக்குழாய்ச்சந்து (கிளாட்டிஸ்) திறப்பாகின்றது. மூச்சு உள்வாங்கப்படும் ஒவ்வொரு தடவையும், மூச்சுக்குழாய்ச்சந்து (கிளாட்டிஸ்), முறையே திறப்பாகும். பக்கவாட்ட கிரிகாயிட்-ஆர்டினுயிட்களிடையான தசைகள் குரல் நாண்களை நெருங்கிவரும்படி செய்யும் வகையாய்ப் பொருந்தியவை. ஆகவே, தழனிப்புட்டிலியல் (லாரிங்கிலியல்-Laryngal) தசைகள், இரு தொகுதிகளானவை. ஒரு தொகுதியினவை, மூச்சுக் குழாய்ச்சந்தை (கிளாட்டிசை) திறக்கவும், மூடவும், அமைந்தவை. மற்றொரு தொகுதியினவை குரல் நாண்கள் இழுபடும் வலிமையை (டென்ஷனை) தக்கவாறு நிரல் செய்பவை. குரல் நாண்கள் தடிப்பாக்கப்படலாம்; மெலிவாக்கப்படலாம். அவை, இழுபட்டவாறாகவாயினும், தளர்ந்தவாறாகவாயினும் இருக்கக்கூடியவை, நெருங்கி வரவும், எட்டப்போகவும், அவற்றால் இயலும். குரல் நாண்கள்

ஒவ்வொன் றினதின் அடிப்புறத்திலும், ஜவ்வாலான படலங்கள், முறையே, உள்ளன. அப்படலம் குரல் நாணின் அடிப்புறம் முழுவதுமாய்ப் பரவியது



படம் 215

குரல் நாண்கள் அமைவிடம்

அன்று. அடிப்புறத்தில், ஒரு பகுதியினின்று மற்றொரு பகுதிக்கு, தக்கவாறு, அது, நகர்த்தப்படலாம். அப்படலமிருக்கும் இடத்தைப் பொருத்தவாறு, குரல் நாணின் துடிதுடிப்புக்கான துலிதநிரல்மானமும், இயக்க வகையும், முறையே, வேறுபடுவன. எனவே, பலவகையான 'எழுமை வகுணிகள்' (ஓவர்டோன்கள்) உண்டாகலாம். நல்ல அழுத்தமான சாரீரத்தில், பதினாறு எழுமை வகுணிகள்வரை உள்ளன. குரலின் உரப்புத் தரம் (லவுட்னெஸ்-**Loudness**) துடிதுடிப்புகளின் வீச்சு வரைவைப் பொருத்தது. மூச்சு வெளியேறும்போதான காற்றுவீச்சின் வன்மையைப்பொருத்தவாறு வீச்சு வரைவினளவு இருக்கும். குழனிப்புட்டிவில் (லாரிங்கிஸில்) பயத்தப்பட்ட ஒலியலைகள் வாயின்வழியே வெளிச்செல்லவேண்டும். வாயும் அதைச்சார்ந்த குழியிடங்களும், தத்தமியல்பான துலித நிரல்மானங்களுடன், முறையே, அமைந்தவை.

ஓரிடத்தின் 'இயல்புத் துலித நிரல்மானம்' என்றால் என்ன எனக் கவனிக்கலாம். கயிற்றில் திதித்தலணியியல் (ஸ்டேஷனரி) அலைகள் அமையும் போது, துலித நிரல்மானங்கள் தக்கவாறான அளவின வாயிருப்பன எனக்கூறியுள்ளோம். அவை, அடிப்படைச் செப்பம், இயைபுச் செப்பங்கள் என்ற முறையை யொட்டியவை எனவும் அறிவோம், கயிற்றலைவுறலைப்

போலவே, ஒரு குழாயில் அழுத்தலியல்யதிகளும் விதப்பகலியல்யதிகளும், முறையே திதித்தலணியியல் என காற்றலைகளாய் அமையலாம். இவற்றை யொட்டிய அலையன்னபடிவங்கள் (வேவ்பார்ம்கள்) கயிற்றிலமைகின்ற திதித்தலணியியலான அலைகளை யொத்தவடிவினவாய் இருப்பன. காற்றிலுண்டாகும் திதித்தலணியியலான அலைகளின் துடிதுடிப்புகள், முறையே, அடிப்படைச் செப்பம், இயைபுச் செப்பங்கள்—என்ற முறையை யொட்டியனவாயிருப்பவை. செப்பங்களை (மோட்களை) யொட்டிய துலிதநிரல்மானங்கள், குழாயின் நீளத்தைப் பொருத்தவையாயிருப்பன. அவை, அக்குழாயின் 'இயல்பானத் துலிதநிரல்மானங்கள்' எனப்படுகின்றன. குழாய்களைத் தவிர வேறு வடிவமான குழியிடங்களும், முறையே, தத்தமக்கான இயல்பானத் துலிதநிரல்மானங்களுடன் அமைந்தவை. குழியிடத்துள்ள காற்று, அதன் இயல்பானத் துலிதநிரல்மானத்தைத் தவிர வேறளவான துலிதநிரல்மானங்களுடன் துடிதுடிக்கப்படுமாறு, செய்யப்படலாம். அவ்வாறான துடிதுடிப்புகள் வலுக்கட்டாயத் துடிதுடிப்புகள் (போர்ஸ்ட் வைப்ரேஷன்கள்—**Forced Vibrations**) எனப்படுவன. அவை, அப்படித் துடிதுடிக்கும்போது வீச்சுவரைவு மிகக் குறைவாயிருக்கும். எனவே, ஒலியின் அடர்தாறு (இண்டன்ஸிடி) அதிகமாயிருக்காது. ஒரு பாத்திரத்தின் வாய்மாட்டில், அதன் இயல்பான துலிதநிரல்மானத்தினதான சுருதிகூட்டுக் கவையொன்றை வைத்தால், அப்பாத்திரத்துக் காற்றில் அதிக வீச்சுவரைவான துடிதுடிப்புகள் பயத்தப்படலையொட்டி பொம்மென ஒலி கேட்கப்படும். இவ்வாறு ஏற்படுவதற்கு 'இணங்கோசை' (ரெஸோனென்ஸ்-**Resonance**) என்று பெயர்.

இயல்பானத் துலிதநிரல்மானங்களும் இணங்கோசையும்.

இனி, வாயைக் கவனிப்போம். வாயிலுள்ள குழியிடங்கள் தத்தமக்கான, இயல்பானத் துலிதநிரல்மானங்களுடன் உள்ளவை. தழனிப்புட்டிலினின்று (லாரிங்கிஸினின்று) வெளிப்படும் ஒலி வாயின் வழியே செல்கின்றது. அதிலுள்ள எழுமை வகுணிகளில் சில வற்றின் துலிதநிரல்மானங்களும், குழியிடங்களின் இயல்பானத் துலிதநிரல்மானங்களும், முறையே ஒரே யளவினவாயிருப்பன. அவ்வாறானவை வாய்க்குழிவுகளின் இணங்கோசையினால் (ரெஸோனென்ஸால்) உரத்தப்படுகின்றன. ஒலிச்சுரத்தின் நாதத்தகவு (குவாலிடி) வேறுபடும். வாய்க்குழிவின் பருமன் எப்போதும் ஒரேயளவாய் இருப்பதன்று. ஆதலின் அதன் இயல்பானத் துலித நிரல்மானம் வேறுபடக் கூடியது. குழியிடமொன்றின் இயல்பானத் துலித நிரல்மானம் அதன் திறப்பின் வடிவத்தையும் பொருத்திருக்கும். இணங்கோசை சிறப்பாய் ஏற்படும் பாத்திரங்கள் குறுகலான நீண்ட கழுத்துடன் இருப்பவை. நாக்கைத் தக்கவாறு அசைத்து வாய்க்குழிவின் பருமன் தக்கவாறு வேறுபடும்படி செய்யலாம். வாய்

திறக்கப்படும் அளவையொட்டியும் பருமனளவு வேறுபடும். உதடுகளைத் தக்கவாறு அசைத்து, திறப்பின் வடிவத்தை வேண்டியபடி அமைக்கலாம். அவ்வாறெல்லாம் செய்து, குரலின் நாதத்தகவை வேண்டும் விதமாய் வேறு படுத்திக்கொள்ளலாம். ஒலியலைகளின் நாதத்தகவை பலவாறு வேறுபடுத்தியதாலான ஒலிக்குறியீடுகளை அமைத்துக்கொண்டு நாம் பேசுகிறோம்; பாடுகிறோம். நாம் உச்சரிக்கும் சொற்களில் உயிரெழுத்து ஒலிகளும் மெய்யெழுத்து ஒலிகளும் உள்ளன. உயிரெழுத்து ஒலிகள் மெய்யெழுத்து ஒலிகளின் துவக்கத்திலும் முடிவிலும் இருப்பவை. மெய்யெழுத்து ஒலிகள் நீட்டப்பட்டவாறு உச்சரிக்கப்படுபவை அன்று.

பேச்சு சுரவொலிகள்

உயிரெழுத்துகள் நீட்டி உச்சரிக்கப்படுபவை. இராகமிழுக்கும்போது உயிரெழுத்து ஒலியே உள்ளது. உயிரெழுத்துகள் சுரங்களைப்போன்றவை, அவை இசையியலான தொனிமெட்டுகள் (மியூஸிகல் நோட்கள்), எனலாம். மெய்யெழுத்துகள் இசையியலானவையன்று; வெறும் சத்தங்கள். பேச்சு உறுப்புகள் மூச்சுக் குழாயுடன் நெருங்கிய தொடர்புடனுள்ளவை. தொண்டைக்கும் (பாரிங்ஸிஸ-கும்—(**Pharynx**) மூக்குதுவாரங்களுக்குமான பாதை எந்நிலைமையிலுள்ளது என்பதைப் பொருத்தும், பேச்சு சுரத்தின் 'நாதத்தகவு' இருக்கும். குரலின்றிப் பேசுவதை, குசுகுசுவெனப்பேசுதல் என்கிறோம். அவ்வாறு பேசும்போது, குரல் நாண்கள் துடிதுடிப்பதில்லை. உதடுகளையும் நாக்கையும் கொண்டு ஈனமான அலைகள் பயத்தப்படுகின்றன. தெளிவாய் நன்கு கேட்கும் குரலின் சுரத்தனைகள், 40 முதல் 4000 வரையான துவித நிரல்மானங்களுடன் இருப்பவை, என, அறியப்பட்டுள்ளது. எவரினது குரலின் முழு சஞ்சாரமும் இரண்டரை ஸ்தாயிகளுக்குமேல் முறையே எட்டுவதில்லை. சளிபிடித்துக்கொண்டுள்ளபோது, குரல் நாண்கள் சளியேற்றப்பட்டு கனமாய் ஆகின்றன. குரலின் துவித நிரல்மானம் குறைகின்றது. தொண்டை கட்டிக்கொள்கின்றது. குரல் கம்முகின்றது.

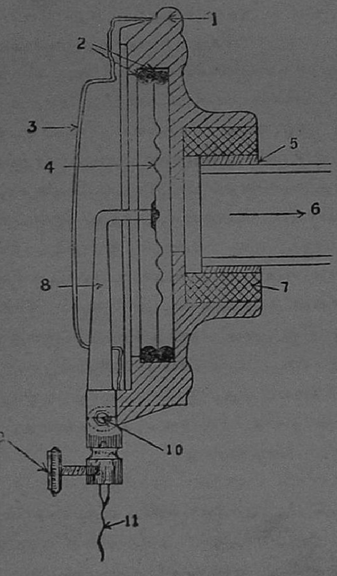
பேசித்தீர்த்துவிட்டோம். தொண்டை கட்டிக்கொண்டு குரலும் கம்மலாய் விட்டது. ஒலியெழுப்பும் மற்ற கருவிகளைக் கவனிக்கலாம். சத்தம் போடுதற்கான சாதனங்கள் ஏராளமாய் உள்ளன. அவற்றில் சில, இசைக் கருவிகள்.

இசைக் கருவிகள்

எல்லா வகையான இசைக் கருவிகளிலும், முக்கியமான இரு அமைப்புப் பகுதிகள் உண்டு. ஒன்று ஒலியலைகள் பயத்தப்படற்கான துடிதுடிப்பியைக்கொண்ட பகுதி. மற்றொன்று அவ்வொலியின் அடல் தாறுவை அதிகமாக்கி, அதைத் தக்கவாறு திருத்தப்பண்பாக்குதற்கான இணங்கோசையி (ரெஸோனேடர்-**Resonator**) என்றது. வீணையில், துடிதுடிப்பையொட்டி, தந்திகளின் வலிக்கட்டான 'திவவு' என்ற பகுதியுள்ளது. ஒலியையுயர்த்திப் பண்படுத்துவதற்கான கும்பகப் பகுதியுள்ளது.

இணங்கோசையியின் வடிவமும் பருமனும், அது செய்யப்படும் பொருளும், இன்னும் பல அமைப்பியல்களும், துடிதுடிப்பியின் இயைபு வகுணிகளை யுயர்த்துமாறும், பகையிசைவகுணிகளை அடக்குமாறும், இருத்தல் வேண்டும். இவ்விஷயத்தைப்பற்றி திட்டமாய் கூறத்தக்கதெதுவும் தெரியற் செய்கை முறையையொட்டி அறியப்படவில்லை. மோட்டார் கார் ஹார்ன்கள், பிகிள்கள், ஸைரன்கள் முதலானவை இசைக்கருவிகள் அல்லன. ஒலியெழுப்பற்கான கருவிகளைப் பின்வருமாறு வகையீடு செய்யலாம்.

(1) ஸைரன்கள், டயோபோன்கள், ஹார்ன்கள், முதலானவை: இவ்வகையானவற்றில், பல துளைகளுடனுள்ள தட்டு ஒன்று அதிவேகமாய்ச் சழன்று



படம் 216

கிராமபோன் ஒலிப்பேழை.

1. உறை. 2. ரப்பர்ப் பொருத்தங்கள் (**Gaskets**). 3. மூடி. 4. டயாப்ரத்தட்டு. 5, 7. பித்தளைப் பொருத்து வளையங்கள். 6. ஒலிக்குழாய் (**Tone arm**). 8. ஊசியேற்றுச் சொருகி (**Stylusbar**). 9. ஊசித்திருகு. 10. சுழியாணி (**Pivot**). 11 தட்டிலான கீற்று.

கொண்டிருக்கும். அத்துளைகளின் வழியே, காற்றுவது, நீராவியாவது வீசப்படும். அது துளைகளின் வழியே குப்-குப் என்று வெளிப்படும்.

ஒலியலைகள் எழுப்பப்படுவன. பேரொலிகளை யெழுப்புவதற்கென, இவ்வகைக் கருவிகள் சிறந்தவை. இருபது மைல் தூரம்வரை கேட்கக்கூடிய ஒலியை எழுப்புமாறுன கருவிகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன.

(2) துடிதுடிக்கும் திடப்பொருளைக் கொண்டவை: இவற்றில் இரு விதங்கள் உண்டு. ஒருவிதமானவை, முறையே, தமது இயல்பானத்துவித நிரல் மானத்துடன் துடிதுடிப்பவை. தம்புரா-வீணை-பிடில்-முதலான கம்பிக் கருவிகளும், சுருதிகூட்டுக்கவை-ஜைலோபோன்-முதலான குச்சியியக்கக் கருவிகளும். மணிகள்-தட்டுமணிகள் (காங்குகள்), முதலான தட்டடிக் கருவிகளும், பறை-மிருதங்கம்-தவுல்-முதலான தோற் கொட்டுக் கருவிகளும், முதல் விதமானவை. மோட்டார் ஹார்ன்கள், கிராமபோன்கள், ஒலிபெருக்கிகள் முதலானவை, இயல்பானத் துவிதநிரல் மானத்துடன் துடிதுடிக்காத இரண்டாம் வகையினவை.

(3) துடிதுடிக்கும் காற்று நிறைந்த குழல்களைக்கொண்டவை. இவை ஓரவாட்டத்தில் ஊதப்பட்டாயினும், ரீட்கள் என்ற மெல்லிய பட்டைகளின் இயக்கத்தினுலாயினும், துடிதுடிக்கச் செய்யப்படுபவை. புல்லாங்குழல், நாதஸ்வரம், கிளாரினெட், ஆர்கன், முதலானவை இவ்வகையினவை.

கிராமபோனைக் கவனிப்போம். அதன் முக்கியமான பகுதி, ஒலிப்பேழை (ஸவுண்டுபாக்ஸ்-Sound Box) எனப்படுவது. அதில் ஊசி வைக்கப்படும். அவ்வூசியின் மேல் நுனி, ஒரு சிறு நெம்புகோலின் (லீவரின்) கீழ் நுனியில் பொருந்தியிருக்கும். அந்நெம்புகோலின் கீல் (நிலையி) அதன் கீழ் நுனியின் அருகில் இருக்கும். நெம்புகோலின் இருவாட்டங்களிலுமுள்ள இருவில்களால் அது பிடிக்கப்பட்டிருக்கும். நெம்புகோலின் மேல் நுனி மைக்காவினுலான மெல்லிய வட்டத்தட்டொன்றின் நடுப்பகுதியுடன் சேர்க்கப்படும். நெம்புகோலின் கீல் கீழ் வாட்ட நுனியின் கிட்ட இருப்பதால் அதன் மேற்கை கீழ்க் கையைவிட அதிக நீளமாயிருக்கும். எனவே, ஊசியின் பக்கவாட்டத் துடிதுடிப்புகளினளவைவிடப் பன்மடங்கு அதிக வளவானவாறு மைக்காத்தட்டு துடிதுடிக்கும். அத்தட்டு துடிதுடிப்பதை யொட்டி, காற்றில், அழுத்தலியல் யதிகளும் விதப்பகலியல் யதிகளும் பயத்தப்படுகின்றன. அவற்றின் அலையன்ன படிவங்கள், முறையே, ஊசியின் துடிதுடிப்பு முறையை யொட்டியவாறு இருப்பன. கானமுலம்பியின் (கிராமபோனின்) உட்பகுதியிலாயினும், வெளிப் பகுதியாகவேனும் உள்ள ஊதுக்கொம்பு (ஹார்ன்-Horn) ஒன்றால், பிரதிபலிப்பு முறையை யொட்டி, அத்துடிதுடிப்புகளை யொட்டிய ஒலி பெருக்கப்படும். கிராமபோன் தட்டு, கெடியாரவில் முறையை யொட்டி (கிளாக்கு வொர்க்கால்-Clock-work) சுழன்றுகொண்டுள்ள உலோகத் தட்டின் மீது

கிராமபோன்.

வைக்கப்படும். அவ்விசைத் தட்டின் மீது பலவாறான மெல்லிய கோடுகள் கீறப்பட்டிருப்பன. அக்கீற்றுகளின் கீழப்பகுதிகளின் பக்கவாட்டங்களில் நுண் அலைகளின் வடிவங்கள் அமைந்திருப்பன. இசைத்தட்டு சுழலும்போது, அதன் மீதுள்ள கீற்றுகளின் அலைவடிங்களை யொட்டி ஊசியின் முனை நகர்ந்து வரும். அவற்றை யொட்டிய ஒலியலைகள் மைக்காத்தட்டின் துடிதுடிப்பால் பயத்தப்படுவன. இசைத்தட்டுகள், ஷெல்லாக்-கந்தைகள் டிரிபோலிதூள், பேரியம்ஸல்பேட்-கரி என்றவற்றின் சேர்க்கைப் பொருளால் செய்யப் படுவன. சேர்க்கை செய்யப்படுகின்ற அப்பொருள்கள் நன்கு கலவையாகும்படி அரைக்கப்படுகின்றன. பிறகு, சூடான உருளைகளிடை அமுக்கப்படுகின்றன. சூடாறியபின், அவை, நாம் காணும் இசைத்தட்டின் வட்டவடிவானவாறு அறுக்கப்படுகின்றன. இசைத்தட்டுக்கான மூலப்பதிவு ஒருவகை மெழுகாலான தட்டில் பொறிக்கப்பட்டிருக்கும். மைக்ரோபோன் முதலான கருவிகளைக் கொண்டு அப்பதிவுகள் அமைக்கப்படுவன. மின் மூலாம்பூசும் முறையை (எலக்ட்ரோ பிளேடிங்கு) யொட்டி மெழுகுத் தகட்டின்மீது செம்பு படியுமாறு செய்யப்பட்டு, அதன் அச்சு அமைக்கப்படும். மெல்லிய படலமான செம்பைத் தாங்கிக்கொள்வதற்காக, எஃகுத் தட்டு பொருத்தப்படும். இது சூடேற்றப்பட்டு இசைத் தட்டுகளின்மீது பதிப்பிக்கப்படும். இசைத்தட்டில் ஒலியலைகளை யொட்டிய அலையன்னபடிவங்கள் பதிகின்றன.

துலிதநிரல் மானம் இருபதுக்குக் குறைந்தும், இருபதினாயிரத்திற்கு மேலும் ஆன, அழுத்தவியல் அலைகளை, காதுகேட்க இயலாதவை எனக் கூறியுள்ளோம். துலித நிரல் மானம் இருபதினாயிரத்திற்கு அதிகமான ஒலியலைகளை நாய்கள் கேட்க இயன்றவை, என எண்ணப்படுகின்றது. இருபதினாயிரம் முதல் பத்து லக்ஷம்வரையான துலிதநிரல் மானங்களை, முறையே

அகறலோசை அலைகள்

கொண்ட ஒலியலைகள், ‘அகறலோசை அலைகள்’ (அல்ட்ராஸோனிக் வேவுகள்- Ultrasonic Waves) எனப்படுகின்றன. அவ்வலைகளை யெழுப்புகிற துடிதுடிப்பிகள் வலிமை மிக்கனவாய் இருத்தல் வேண்டும். அவ்வாறான துடிதுடிப்பிகள் குவார்ட்ஸினாலும் (Quartz), எஃகினாலும் செய்யப்படுகின்றன. இருப்புக் குச்சியொன்று காந்தமேற்றப்படும்போது அதன் நீளம் குறைகின்றது. அம்முறையையொட்டி, எஃகின் நெடுக்கையியல் துடிதுடிப்புகள் கிளப்பப் படுகின்றன. ஓரிருப்புக்குச்சியின் இயல்பானத் துலிதநிரல் மானத்துடன் இயைந்தவாறு, மாறி மாறிச் செல்லும் மின்னோட்டத்தை மின் காந்தயி (எலக்ட்ரோ மாக்னட்டு) ஒன்றின் வழியே செலுத்தி, மின் காந்தயிச்சுருளின் நடுவிடத்தில் இருப்புக்குச்சியை வைத்தால், அது தனது இயல்பானத் துலிதநிரல் மானத்துடன் நெடுக்கையில் துடிதுடிக்கும். அகறலோசை அலைகள் (அல்ட்ரா ஸோனிக்கு வேவ்கள்) விளைவிக்கப்படுகின்றன. அகறலோசை அலைகளின் துலித

நிரல் மானங்கள் அதிக வளவானமையின், முறையே, அவற்றின் அலை நீளங்கள் மிகக் குறைவாயிருப்பன. எனவே, ஓரலையின் எற்றுச்சக்தி, சாதாரண ஒலியலை யொன்றின் எற்றுனதைவிட மிகவும் அதிகமானது. அகறலோசை யியலான துலிதநிரல்மானத்துடன் துடிதுடித்துக்கொண்டுள்ள கண்ணுடிக் குச்சி யொன்றை கையால் பிடித்தால், விரல்கள் நன்றுய்ச் சுடப்படுவன. குளத்து நீரை அகறலோசையியலாய் துடிதுடிக்கச் செய்தோமாயின், அக்குளத்திலுள்ள சிறு மீன்கள், தவளைகள், நண்டுகள், முதலானவை கொல்லப்படுவன. அகற லோசை அலைகள், பிராணிகளின் மீது பட்டால், அவற்றின் செங்கார்புஸல்கள் நசிக்கின்றன. அகறலோசை அலைகளின் நீளங்கள் மிகக் குறைந்தவளவானவை. எனவே, அவை, கிட்டத்தட்ட நேர்க்கோடுகளில் செல்லும் கதிர்களானவாறு, இசைக்கப்படுகின்றன. எதிரொலியைக்கொண்டு ஆழம் கண்டுபிடிக்கும் கருவி யில் கிளப்பப்படும் ஒலியலைகள் அகறலோசை யியலினவை.

காலவளவைகள் செய்யப்படற்கான கெடிகாரங்கள் துடிதுடிப்பு முறையை யொட்டி அமைக்கப்படுகின்றன. சுவரில் மாட்டும் கெடிகாரங்களில், ஞாலுதலாடுகை (பெண்டுலம்-**Pendulum**) என்றதொன்றின் ஊசலாட்டத்தை யொட்டி காலவளவை செய்யப்படும். கைக் கெடிகாரங்களில் மயிரிழைவில் (ஹேர்-ஸ்பிரிங்கு-**Hair Spring**) என்றதின் துடிதுடிப்புகளை யொட்டி நேரம் அளவிடப்படுகின்றது.

ஞாலுதலாடுகை.

ஞாலுதலாடுகைகளைக் கவனிப்போம். மேல் விட்டத்துள்ள கொக்கியில் நீண்ட நூற்கயிறொன்றின் ஒரு நுனியைக் கட்டி விட்டு, அந்நூலின் மற்றொரு நுனியில் சிறு குண்டு ஒற்றைக் கட்டித்தொங்க விடுவோம். அவ்வாறு தொங்கிக்கொண்டுள்ளத் தொடுப்பே, 'ஞாலுதலாடுகை' (பெண்டுலம்) யாம். குண்டை வலது வாட்டமாய்ச் சற்று இழுத்துப்பிடித்துக் கொள்வோம். அப்போது அது சற்று உயர்ந்தவாறு இருக்கும். பிறகு, குண்டை விட்டுவிடுவோம். அது முன்பிருந்த நிலைமைக்கு இறங்குகின்றது. ஆயினும், அவ்வாறே நிலைக்கு வருவதில்லை. இடது வாட்டமாய் மேலெழும்புகின்றது; வலது வாட்டத்தில் உயர்த்தப்பட்டவளவுக்கு, இடது வாட்டத்திலும் எழுகின்றது; இம்முறையையொட்டியே தொடர்ந்தவாறு ஊசலாடுகின்றது. காற்றின் தடவலும், மேலேகட்டப்பட்ட இடத்து உரசலும், இன்னும் பலவான எதிர்ப்புக்களும் இல்லாவிடின் அக்குண்டு என்றும் நிலைக்கு வராமல், ஊசலாடிக் கொண்டேயிருக்கும். அக்குண்டைச் சற்று உயர்த்தும்போது, நிலக்கவர்ச்சி வலிமையை எதிர்த்து, நாம் வேலை செய்தோம். அது எழுந்த நிலைமையிலிருந்த போது, நாம் செய்த வேலையையொட்டிய சக்தி, அதில் ஒளிந்துள்ளது, எனலாம். வில் ஒன்றை அமுக்கிப்பிடித்துக் கொண்டுள்ளபோது, அதை அமுக்கிய சக்தி, அதில் அவ்வாறே ஒளிந்துகொண்டுள்ளது. ஒரு வஸ்து நிலையாயுள்ளபோது, அதன்மேல் அதற்குமுன் ஆற்றுவிக்கப்பட்ட வலிமையை யொட்டிய சக்தி மறைந்

தவாறுள்ளபோது, அச்சக்தி 'தற்செல்வச்சக்தி' (பொடன்ஷியல் எனர்ஜி-**Potential Energy**) எனப்படும். ஒரு வஸ்து சலனமாயுள்ளபோது, அதன் வேகத்தையொட்டிய சக்தி, அதன் 'துதத்தகவுச்சக்தி' (கைனடிக்கு எனர்ஜி **Kinetic Energy**) எனப்படும். குண்டு உயர்த்தப்பட்டநிலை மையிலுள்ளபோது அதன் சக்தி 'தற்செல்வவியலானது' (பொடன்ஷியலானது). இறங்கு, இடை நிலைமையிலுள்ளபோது, அதன் சக்தி 'துதத்தகவுயியலானது' (கைனடிக்கானது). ஞாலுதலாடுகை (பெண்டுலம்) வகையான துடிதுடிப்பின் முக்கியமான குணங்களிலொன்று, மேலே கூறப்பட்டதாம். இவ்விதமான துடிதுடிப்பு, 'எளிதியைபு இயக்கம்' (ஸிம்பிள் ஹார்மானிக்கு மோஷன்-**Simple Harmonic Motion**) எனப்படும். ஞாலுதலாடுகை (பெண்டுலம்), ஒன்றின் நீளம் வேறுபடாதுள்ளவரை, அது, தன்னியல்பாகவே, நிகரிடைப்போதானவாறு ஊசலாடும். குண்டின் வடிவையும், கனத்தையும், செறிவையும், பருமனையும், முறையே, யொட்டி, இடைப்போதினளவு வேறுபடாது. குண்டின் தன்மையை யொட்டி, தற்செல்வவியல் (பொடன்ஷியல்) சக்தியும் துதத்தகவுச் சக்தியும் (கைனடிக்கு எனர்ஜியும்), முறையே, ஒரேயளவுக்கு வேறுபடுகின்றன. குண்டு, முறையே, நிலக்கவர்ச்சியை எதிர்த்து எழும்போதும், நிலக்கவர்ச்சியால் இழுபட்டு விழும்போதும், அதன்பாற்பட்ட வலிமையினளவு மாறுதுள்ளது; வேலைசெய்யப்படும் தூரமும் மாறுதுள்ளது; ஆதலின் வேலை செய்யப்படுவதற்கான நேரத்தினளவும் வேறுபடாதுள்ளது; ஞாலுதலாடுகையின் தன்மையை யொட்டி, அதன் துடிதுடிப்பு இடைப்போதினளவு வேறுபடாமலுள்ளது. வீச்சுவரைவினளவு (ஆம்பிளிட்யூட்) அதிகமாயில்லாதபோது, குண்டு செல்லும் வளைப்பாதையும், இருவாட்டத்து எழும்பல் இடங்களுக்கு மிடையான நேர்க்கோடும், முறையே, கிட்டத்தட்ட ஒரேயளவினவை. ஆதலின், வேலை செய்யப்படும்தூரம், அந்நேர்க்கோட்டின் நீளத்தில் அரைப்பங்கானது, எனலாம். எனவே, அத்தூரம் வீச்சுவரைவின் அளவினதாகும். வீச்சுவரைவுக்கும், குண்டு எழும் உயரத்திற்குமான வீதம் மாறுதுள்ளது. அவ்வுயரத்திற்கும், குண்டின் சக்திக்கும், குண்டின் வலிமைக்கும், முறையேயான வீதங்களும் வேறுபடாதவை. இவ்வாறு, இம்மூன்று வீதங்களும், முறையே, வேறுபடாதவையாயுள்ளமையின், வேலை செய்யப்படுவதற்கான நேரவளவும் வேறுபடாதிருப்பதாகும். துடிதுடிப்பின் இடைப்போதளவு, வரைவுவீச்சினளவு வேறுபடுவதையொட்டி, வேறுபடாது. கயிற்றின் நீளம் வேறுபடின், குண்டு இறங்கும் சாய்வுத்தட்டத்துக் கோண வளவும் வேறுபடுகின்றது; எதிர் வலிமையும் வேலை செய்யும் சக்தியும், முறையே, ஒரேவித வளவையொட்டி வேறுபடுகின்றன; எனவே, வேலைசெய்யப்படும் நேரத்தினளவு வேறுபடும். சாய்வுக்கோணத்தினளவு அதிகமானால், வேலை செய்யப்படும் நேரத்தினளவு குறைந்ததாகும்; கோணவளவு குறைந்தால், நேரத்தினளவு அதிகமாகும். இன்னும் ஞாலுதலாடுகையின் (பெண்டுலத்தின்) நீளம் அதிகமாக, ஆக, முறையே, சாய்வுக்கோணத்தினளவு குறைந்துவரும். ஆகவே,

ஞாலுதலாடுகையின் நீளம் அதிகமாக, ஆக, முறையே இடைப்போதினளவு அதிகமாகிவரும். ஞாலுதலாடுகைக்குண்டு (பெண்டுலம் பாப்-**Pendulum Bob**) விழுவதும் எழுவதும், நிலக்கவர்ச்சியை யொட்டியே. நிலக்கவர்ச்சி வலிமையினளவு வேறுபடின், இடைப் போதினளவும் தக்கவாறு வேறுபடும். நிலக்கவர்ச்சியின் முடுக்கவீற்று (ஆக்ஸிலரேஷன்) அதிகமானால், குண்டுவிழும் நேரம் குறையும்; எழும் நேரமும் முறையே, குறையும். எனவே நிலக்கவர்ச்சியின் முடுக்கவீற்று அதிகமானால், இடைப் போதினளவு, முறையே, குறையும்; நிலக்கவர்ச்சியின் முடுக்கவீற்றும் குறைந்தால், இடைப் போதினளவு, முறையே, அதிகமாகும். ஞாலுதலாடுகை (பெண்டுலம்) ஒன்றின் நீளத்திற்கும், இடைப்போதுக்கும், நிலக்கவர்ச்சி முடுக்க வீற்றுக்குமான அளவைத் தொடர்புறவைக் குறிப்பிடும் விதி அறியப்பட்டுள்ளது. ஓரிடத்தில் அமைக்கப்பட்ட ஞாலுதலாடுகையின் நீளமும், இடைப்போதும், முறையே, அளவிடப்படுகின்றன. விதியையொட்டி, நிலக்கவர்ச்சியின் முடுக்க வீற்று எவ்வளவாயிருக்கவேண்டும், எனக் கணக்கிடலாம். இம்முறையை யொட்டி, உலகின் பல பாகங்களில் நிலக்கவர்ச்சியின் முடுக்கவீற்றினளவுகள், முறையே, கணக்கிடப்பட்டுள்ளன. ஞாலுதலாடுகையின் நீளத்திற்கும், இடைப் போதுக்கும், ஆங்கான நிலக்கவர்ச்சியின் முடுக்க வீற்றுக்கும், ஆன, அளவைத் தொடர்புற விதி, இடைப்போது $= 2\pi \sqrt{\dfrac{\text{நீளம்}}{\text{நிலக்கவர்ச்சி முடுக்க வீற்று}}}$ என்பதேயாம். ஓரிடத்தில், இடைப்போது, 1·92 ஸெகண்டுகள் எனவும், நீளம், 3 அடி எனவும் உள்ளன எனக்கொள்வோம். எனவே, $1{\cdot}92 = 2\pi \sqrt{\dfrac{3}{\text{நிலக்கவர்ச்சி முடுக்கவீற்று}}}$, என்றாகும். நிலக்கவர்ச்சியின் முடுக்கவீற்றினளவு, $\dfrac{4\pi^2 \times 3}{1{\cdot}92 \times 1{\cdot}92} = 32{\cdot}2$ அடி, ஸெகண்டு, ஸெகண்டிற்கு, எனக் கணக்கிடலாம். ஓரிடத்தில் ஞாலுதலாடுகையின் (பெண்டுலத்தின்) நீளம் வேறுபடாதுள்ளபோது, இடைப்போது வேறுபடாதுள்ளது, என அறியப்பட்டதால், அம்முறையையொட்டிய ஞாலுதலாடுகைகளைக்கொண்ட கெடிகாரங்கள், நேரம் அளவிடுவதற்கென, சென்ற முந்நூறு ஆண்டுகளாய் உபயோகிக்கப்பட்டு வருகின்றன. பலவகையான உரசல்களை யொட்டி, ஞாலுதலாடுகையொன்று சிலமணி நேரமானபின், நிலைக்கு வந்துவிடுமானதால், அது ஊசலாடிக் கொண்டேயிருக்குமாறு அமைப்பதற்கென, அதற்குத் தக்கவாறு சக்தியைத் தரும் வில், அன்றி வேறு சாதனங்கள் கெடிகாரங்களில் பொருத்தப்படுவன. ஞாலுதலாடுகையின்ஆட்டத்திற்கேற்றவாறு முள்கள் அசைவதற்கென, விடல் புரிகடவற் சக்கரமும் (எஸ்கேப்மெண்ட்வீல்-**Escopement wheel**), இன்னும் பல பற்சக்கரங்களும் அமைக்கப்படுகின்றன. ஞாலுதலாடுகைகள் (பெண்டுலங்கள்) எளிதியைபு இயக்க முறையை (ஸிம்பிள் ஹார்மானிக் மோஷனை) யொட்டி ஊசலாடும் துடிதுடிப்பிகளாம்.

எளிதியைபு முறையையொட்டி யெழும் அலைகள், எளிதியைபு அலைகள், எனப்படுகின்றன. அவ்வலைகளின் வடிவங்கள், முறையே ஒரேயொரு துலித நிரல்மானத்துடனுள்ள துடிதுடிப்புகளை யொட்டியவை. இவற்றைப்போன்ற அலையன்ன படிவங்களையொட்டிய ஒலியலைகள், சுருதிகூட்டுக் கவையின் துடிதுடிப்புகளின்று பயக்கப்படுபவை. இவ்வாறு, சுருதிகூட்டுக் கவையின் துடிதுடிப்புகள், ஒரே துலிதநிரல்மானத்துடனுன எளிதியைபு அலைகளை விளைவித்தற்கான பண்புடனுள்ளமையின், அக்கவைகள், இசைமெட்டுகளை (நோட்களை-**Notes**) யொட்டிய சுரத்தனைகளை (பிட்சுகளை) அளவை செய்தற்கென பெரிதும் பயன்படுகின்றன. சாதாரணமான ஒலியலைகள், பல துலித நிரல்மானங்களுக்கான துடிதுடிப்புகளையொட்டிய அலைகளின் சேணுடங்கு பாடான தொகுப்பு அலைகள். துடிதுடிப்புகள் ஒவ்வொன்றும், முறையே, எளிதியைபு இயக்கத்தை யொட்டியவையே. ஆதலின், தொகுப்பு அலையொன்றின் பாற்பட்ட பல எளிதியைபு அலைகளின் துடிதுடிப்பு நிரல்மானங்கள், எவ்வளவானவை என அறிந்துகொள்வதற்கான சுரமெட்டுப்பகுப்பு (அனலிஸிஸ் ஆப் டோன்ஸ்-**Analysis of Tones**) முறையையொட்டியும் சுருதி கூட்டுக் கவைகள் அதிகமாய்ப் பயன்படுபவை.

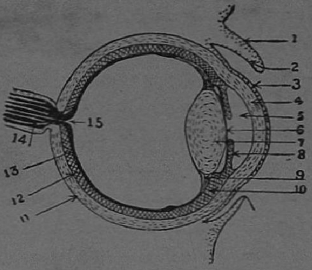
கேள்வி, ஒலி, இசை, பேச்சு, காலவளவை, என்பனவற்றைப்பற்றி தெரியற்செய்கை முறையையொட்டி அறியப்பட்டுள்ளவற்றை ஒருவாறு சுருக்கிக் கூறினோம். நாம் கூறிய மிகச் சிலவற்றையும், கூறாதுவிடுத்த மிகப் பலவற்றையும் கண்டுபிடித்ததுபோதும், என, எண்ணி தெரியற்செய்கை ஓய்வு எடுத்துக் கொள்ளவில்லை. ஒலியின் பாற்பட்ட பல ஆராய்ச்சிகள் பலவாறு செய்யப்பட்டு வருகின்றன. ஒலியை யொட்டி தெரியற்செய்கை முறையாய் அறியப்பட வேண்டிய விஷயங்கள் பலவுள. அவை சிறப்பாக ஆராயப்படவேண்டுமாயின், செயலாற்றல் மிக்க இசைவல்லுனரும், விதிகாணும் தெரியற்செய்கையோரும் ஒற்றுமையுடன் உழைத்தல்வேண்டும்.

ஒன்பதாம் அத்தியாயம்

கண்ணின் நயநீர்மையும் ஒளிநுட்பத் துலக்கமும்

கண்ணினைக் காண்போம். நமது அறிவு பெரும்பாலும் கண்ணோட்ட வழியே எய்திய பேறும். செவிடரின் நிலைமையைவிட குருடரின் நிலைமையே அதிக பரிதாபகரமானது. நாச்சுவையற்றவரும், நர்றமண உணர்ச்சியில்லாதவரும், தமக்கு அக்குறைகளுள்ளனவென்பதை தமது உற்ற நண்பரும் தெரிந்து கொள்ளாதவாறு, தம் வாழ்நாட்களைக் கடத்திவிடலாம். திமிர்வாதம் பிடித்துக் கொண்டாலன்றி, ஊறுணர்ச்சித் தேய்வதில்லை.

காணுறுப்பு, ‘விழி’ (ஐபால்—**Eye-ball**) எனப்படும். அதுவும் அதன் உடந்தைகளான தசைகளும் இரத்தப்புரைகளும், நரம்புகளும் கொழுப்பு



படம் 217

கண்

1. கண்ணிமை
2. கண்ணிமைக்கேசம்
3. கோவுரி—(Conjuctiva)
4. கோவுகிநரி—(Cornea)
5. அறிலியச்சேற்றல்—(Aqueous Humour)
6. பாப்பா—(Pupil)
7. படிகவாணவில்லை—(Crystalline Lens)
8. சாயையேடு—(Iris)
9. தாங்குக் கட்டுநாண்—(Suspensory Ligament)
10. இயக்குத்தசைகள்
11. வெண்விழி—(Sclerotic)
12. கோயேர்புரி—(Chorioid)
13. நாட்ட ஏடகம்—(Retina)
14. அம்பக நரம்பு—(Optic Nerve)
15. துநட்டுப்புள்ளி.

டிஷ்யூக்களும், இமைகளும், கண்ணீர்க் கருவிகளும் (லாக்ரிமல் அப்பரேடஸ்—**Lacrymal Apparatus**) கண் குழியில் பொருந்தியுள்ளன. மேலிமை,

கீழிமை, என்ற தோல் மடிப்புகள் இரண்டு, விழியின் முன்னிருந்துகொண்டு அதைக் காக்கின்றன. இமைகளின் உட்பக்கத்தில் ஒருவகைக் கோழையேடு (மியூகஸ்மெம்பிரேன்) படர்ந்திருக்கும். கீழிமையைவிட அதிகமாய் மேலிமையை அசைக்கமுடியும். மேலிமை இறங்குவதால், கண் மூடப்படும். அது ஏறுவதால், கண் திறக்கப்படும். கண்ணைச் சூழ்ந்து வளைய வடிவமானவாறு அமைந்துள்ள தசைகள் சுருங்கலாதலையொட்டி கண் மூடப்படுகின்றது. கண் குழிக்குப் பின்பிருந்து முன்னாக வரும் தசையொன்று சுருங்குவதையொட்டி, மேலிமை தூக்கப்பட்டு, கண் திறக்கப்படும். கீழிமையுடன் தொடர்பான இயக்குத் தசையெதுவும் இல்லை. விழியை ஆட்டற்காக ஆறு தசைகள் உள்ளன. அவற்றில் நான்கு 'நேர்'த் தசைகள், எனப்படுகின்றன. அவை, கண் குழியின் பின்புறத்திலிருந்து வருகின்றன. ஒரு தசை விழியின் முன்புறத்தை மேலே நோக்கச் செய்கின்றது; இரண்டாவது, அதை, கீழே பார்க்கச் செய்கின்றது; மூன்றாவது விழியின் முன்புறம் வெளியே பிதுங்குமாறு செய்வது; நான்காவது விழியைப் பின்னே போகும்படி செய்வது. மற்ற இரண்டு தசைகள், சரிவுத் தசைகள், எனப்படுகின்றன. ஒன்று கண்குழியின் பின்புறத்திலிருந்து முன்னேவந்து டெண்டனியலாகி, நெற்றி எலும்புடன் இணைந்துள்ள கம்பிகள் போன்ற தசைநார்களினூடே செல்கின்றது. பிறகு, அது, பின்புறமாய்த் திரும்பிச்சென்று, விழியின் பின்புறத்தில் பொருந்துகின்றது. அது சுருங்கும்போது, கீழ்-வெளி வாட்டமாய் விழி திரும்பும். ஆறாவது தசை கண்குழியின் கீழ், முன்புறத்தில் துவங்கி, பின்புறத்திற்குச் சரிந்து செல்கின்றது. அது சுருங்கும்போது, மேல் வெளி வாட்டமாய், விழி திரும்பும். சரிவுத்தசைகள் 'கடைக்கண்' பார்வையை பயத்துபவை. கண்குழியின் மேல்-வெளிப்பகுதியில், கண்ணீர்கிரந்தி (லாக்ரிமல் கிளாண்டு) உள்ளது. அதிலிருந்து சிறுகுழாய்கள் வழியே, ஒருவகை உப்புநீர் விழியின் முன்புறத்திற்குப் பாயும். விழியின் முன்புறம் துப்புரவாகவும் ஈரப்பதனாகவும் இருத்தல்வேண்டும். 'கண்சிமிட்டல்' என்ற பிரதிபலிப்புச் செயலை (ரிப்ளக்ஸ் ஆக்ஷனை) யொட்டி விழியின் முன்புறம் துடைக்கப்படுகின்றது. கண்ணிமைகளின் ஆட்டத்தையொட்டி, அந்நீர், விழியின் முன்புறம் முழுதும் நன்றாய்ப்பரவிவிட்டு, இமைகள் உள்வாட்டத்தில் சேர்ந்துள்ள இடத்திற்குச் செல்லும். அப்படிச் செல்லும்போது, விழியின்மீது விழுந்துள்ள சிறு தூசிகள் முதலானவற்றையும் தன் கூடவே அடித்துக்கொண்டுபோகும். கண்ணீர் 'லாக்ரிமல் ஸாக்' (**Lachrymal Sac**) என்ற கண்ணீர்ப்பையினுள் செல்கின்றது, அங்கிருந்து மூச்சுக்குழாய்க்குள், அந்நீர் வடிந்துவிடும். சாதாரணமாக மூக்குக்குழாய்க்குள் பாய்வதைவிட அதிகமான கண்ணீர், புகை முதலியவை கண்ணில் நுழைவதினாலாயினும், உணர்ச்சி மேலீட்டையொட்டியாயினும், உண்டானால், அதிகப்பட்ட கண்ணீர், இமைகளுக்கும் விழிக்கும் இடையில் தங்கிவிடும். பிறகு கண்ணீர் வடிக்கப்படும்.

கண்ணீர் கிருமியழிக்குமியலானது (பாக்டீரிஸைடலானது — Bactericid). கொழுப்பு டிஷ்யூக்கள் திண்டுபோல் அமைந்து விழியைக்காத்துத் தாங்குகின்றன

விழியை நோக்குவோம். அதன் வெளியுறை உருண்டை வடிவமானது. ஒரு அங்குலக் குறுக்களவு இருக்கும்; முன்புறமாய் சற்று வளைந்து பிதுங்கியுள்ள பகுதியொன்றுள்ளது; அதற்கு கோவுகிருசி (கார்னியா—Cornea) என்று பெயர். விழியுறை மூன்று படலங்களாலானது. வெளிப்படலம் 'வெண்விழி' (ஸ்கலரோடிக்கு—Sclerotic) எனப்படும். அதன் முன் பகுதியிலமைந்த கண்ணுடிச் சாளரம் ஒன்றைப்போல், கார்னியா பொருந்தியிருக்கும். வெண் விழிக்குள் (ஸ்கலரோடிக்குக்குள்), அதனுடன் படிந்தவாறுன 'கோயேர்புரி' (கோரியாயிட் — Choriold) என்ற படலம் உள்ளது. அது பல இரத்தப்புரைகளையும், வண்ணச்சாந்து (பிக்மண்டு—Pigment) ஸெல்களையும் கொண்டது. வண்ணச்சாந்து ஸெல்கள், இருண்ட பின்னிடத்தோற்றமளிப்பவை. கோரியாயிடின் முன்புறவளைப்பகுதி, தாரைச் சாயையேடு (ஐரிஸ்—Iris) என்ற வளையவடிவமான பகுதியாய் அமைகின்றது. கண்ணின் 'கருமணி' எனப்படுவது, இப்பகுதியே. ஐரிஸில் தசை நார்கள் உள்ளன. அவை இருவகையானவை. ஒருவகையினவை வட்ட வளையியலானவை. அவை சுருங்கும்போது ஐரிஸ் வளையம் சிறிதாகும். மற்றவை, தசை நார்களில் 'நேர்வீச்சு' (ரேடியேடிங்கு—Radiating) என்ற வகையானவை. அவை சுருங்கும்போது, ஐரிஸ் வளையம் வெளிவாட்டமாய் இழுப்பட்டு, பெரிதாகும். ஐரிஸ் வளையத்தின் நடுவிடம், ஊசி முனையளவு ($\frac{1}{25}$ அங்) சிறிதாகலாம்; அம்மன் காசளவு ($\frac{1}{3}$ அங்) பெரிதாகலாம். அச்சிறு திறப்பு, 'கண்பாப்பா' (புயூபில்—Pupil) எனப்படுவது. எல்லாப்பிராணிகளின் கண்களிலும், 'கண்பாப்பா' (புயூபில்) வட்டவடிவமாயிருக்காது. 'கண்பாப்பா' செங்குத்து வரிவடிவமான சந்தாயிருக்கும். தவளையினது, முட்டை வடிவமாயிருக்கும். ஐரிஸ் வளையம் சிறிதாவதும் பெரிதாவதும், தானே நிரலாகும் (ஆடோமாடிக்கு) முறையையொட்டியே யாம். கண்ணில் விழும் ஒளி பிரகாசமாயிருந்தால், 'கண்பாப்பா' சிறிதாகும்; ஒளி மங்கினுல், அது பெரிதாகும். அண்மையிலுள்ள வஸ்துக்களைப் பார்க்கும்போதும், தூங்கும்போதும், 'பாப்பா' (புயூபில்) சிறிதாயிருக்கும்; தூரத்திலுள்ள வஸ்துக்களைக் காணும்போதும், உணர்ச்சி மேலிடும் போதும், அது பெரிதாகும். கண்ணின் நிறம், ஐரிஸையும், வண்ணச்சாந்து (பிக்மண்டு) ஸெல்களின் நிறவியலையும் பொருத்திருப்பது. ஐரிஸின் பின்புறம் கருநிறமானது. அதன் முன், வண்ணச்சாந்து அதிகமாயில்லாவிட்டால், தசையியல் பகுதியினூடே, பின்புறக்கருமை நீலநிறமாய்த்தோன்றும். வண்ணச் சாந்துகள் (பிக்மண்டுகள்), முறையே, வெணமை, மஞ்சள், காவி, என்ற நிறங்களானவை. எல்லாவகைச் சாந்துக்களும் அதிகமாயுள்ளபோது, கண்ணின் நிறம் கருமையாய்க் காணப்படும். அவற்றின் மொத்த நிறையையும், ஒவ்வொன்

றும் முறையேயுள்ள, நிறைகளையும் பொருத்தவாறு, சாம்பல் நிறம் நீலப்பச்சை நிறம் காவி நிறம்-கபிலநிறம்-பிங்கல-நிறம் முதலான பல நிறங்களிலொன்றுன வாறு ஒருவரது கண்ணின்நிறம் இருக்கும். கோரியாயிட் படலத்தினுள், நாட்ட எடகம் (ரெடினு—Retina) என்ற படலம் உள்ளது. அது ஒளியுணர்த் தன்மையான எடு (மெம்ப்ரேன்). அதைப்பற்றி, மேலும், பிறகு கூறுவோம்.

முன்புறம் சற்றுவளைந்தவாறுள்ள கார்னியாவினுல், ஒளிக்கதிர்கள் சிறிது வரை கூம்படை வாக்கப்படுகின்றன. (கன்வர்ஜ் செய்யப்படுகின்றன. Converged). படிகவாணவில்லை (கிரிஸ்டலின் லென்ஸ்—Crystalline lens) என்ற அமைப்பால், அக்கதிர்கள் இன்னும் அதிகமாய் கூம்படைவாக்கப்படு கின்றன. (கன்வர்ஜ செய்யப்படுகின்றன). அவ்வில்லை (லென்ஸ்), ஊடு காணியலான (ட்ரான்ஸ் பேரண்டான—Transparent) பொருளொன்றுல் அமைந்தது. வில்லைப்பொருள் மீள் விறலியலானது (எலாஸ்டிக்கானது); தெளிந்த கெட்டிப்பாகுவியலானது. அவ்வில்லை, இரட்டைக் கூம்படைவியல் (டபிள் கான்வெக்ஸ்—Double convex) வகையானது. அது கார்னியாவுக்கும் ஐரிஸுக்கும் பின்புறமாய் அமைந்துள்ளது. வளையத்து ஆயங்களைப் போலமைந்த தசை நார்கள் பலவற்றுல், அவ்வில்லை விழியின் முன்பகுதியில் இருத்தப்பட்டுள்ளது. தசை நார்கள் சுருங்கும்போது, 'வளையம்' சிறிதா கின்றது. வளையத்தின் நடுவிடத்திலுள்ள வில்லை, விளிம்புப்பகுதியில் அமுக் கப்படுவதால், அதன் மையப்பகுதி உப்புகின்றது. அதன் கூம்படைவியல் திறன் (கன்வர்ஜிங்குபவர்—Converging Power) அதிகமாகின்றது. தசை நார்கள் தளர்ந்துள்ளபோது, வில்லையினது மையப் பகுதியின் புடைப்பு குறை வதை யொட்டி, அதன் கூம்படைவுத் திறன் குறையும்.

அதி தூரத்திலுள்ள வஸ்துவொன்றினின்று வரும் ஒளிக்கதிர்கள் கூம்படைவியலான வில்லையின் மீது விழுந்தால், அக்கதிர்கள் கூம்படைவாகி, ஓரிடத்தில் ஒன்று சேர்வன. அவ்விடத்தில் வஸ்துவின் 'பிம்பம்' (இமேஜ்—Image) ஏற்படும். வில்லையின் கூம்படைவுத்திறன் அதிகவளாயிருந்தால், பிம்பத்திற்கும் வில்லைக்கும் இடையானதூரம் குறைவாயிருக்கும்: கூம்படைவுத்திறன் குறைந்த வளவாயிருப்பின், அத்தூரம் அதிகமாயிருக்கும்.

ஒளிக்கதிர்கள் கூம்படைவாதும் முறை

கிட்டத்திலுள்ள வஸ்துவொன்றிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்கள், கூம்படைவியல் வில்லையொன்றின்வழியே சென்று ஒன்று சேர்தலால் ஏற்படும் பிம்பம், வில்லையிலிருந்துள்ள தூரத்தின் அளவும், தொலையிலுள்ள வஸ்துவொன்றின் பிம்பம் அவ்வாறே யேற்படும்போது, அப்பிம்பம் வில்லையி லிருந்து இருக்கும் தூரத்தின் அளவும் நிகராயிரா. கிட்டத்து வஸ்துவின் பிம்பம் வில்லையினின்றுள்ள தூரம், தொலைவஸ்துவின் பிம்பம் வில்லை

பிலிருந்துள்ள தூரத்தைவிட அதிகவளவாயிருக்கும். கிட்டத்து வஸ்துவினின்று வரும் ஒளிக்கதிர்கள், தொலைவஸ்துவினின்று வருகின்றவற்றைவிட அதிக அகல்படர்வானவையாய் (டைவர்ஜண்டானவையாய்—Divergent) இருப்பன. எனவே, அவை ஒன்றுகூடி பிம்பம் ஏற்படுவதற்குமுன், அதிக தூரம் செல்லவேண்டியவை. கூம்படைவுத்திறன் (கன்வர்ஜிங்குபவர்) தக்கவாறு அதிகமான மற்றொரு வில்லையை (லென்ஸை)க்கொண்டு, கிட்ட வஸ்துவின் பிம்பம், அவ்விரண்டாம் வில்லையினின்றுள்ள தூரமும் தொலைவஸ்துவின் பிம்பம் முன்னுன வில்லையினின்றுள்ள தூரமும் நிகரளவாயுள்ளவாறு அமைத்தல் இயலும். தக்கவாறு, முறையே, வேறுபட்டவளவான கூம்படைவுத்திறன் அமைந்த பல வில்லைகளைக்கொண்டு, முறையே பல வேற்றளவான தொலைகளிலுள்ள வஸ்துக்களின் பிம்பங்கள், முறையே, தக்கனவான வில்லைகள் ஒவ்வொன்றினின்றுள்ள தூரங்கள் நிகரளாவியிருக்கும்படி, அமைத்தல் இயலும். கூம்படைவுத்திறன், 5 யூனிட்களான வில்லையொன்றைக்கொண்டு, 1000 செ. மீ. தொலையிலுள்ள வஸ்துவொன்றின் பிம்பம், வில்லையினின்று 20·4 செ. மீ. தூரத்துளுள்ளவாறு அமைக்கலாம். 500 செ. மீ. தொலையிலுள்ள வஸ்துவொன்றின் பிம்பம் 5·1 யூனிட்களான வில்லையொன்றினின்று, அதே. 20·4 செ. மீ. தூரத்திலிருக்குமாறு அமைக்கலாம். 92 செ. மீ. தொலைவிலுள்ள வஸ்துவின் பிம்பம் 6 யூனிட்களான வில்லையினின்று 20·4 செ. மீ. தூரத்தில் அமையும். 15 யூனிட்களான வில்லையினின்று 10 செ. மீ. தொலையிலுள்ள வஸ்துவின் பிம்பம், வில்லையினின்று 20·4 செ.மீ. தூரத்தில் ஏற்படும். இம்முறையை யொட்டி, பலவளவான தொலைகளிலுள்ள வெளி வஸ்துக்களின் பிம்பங்கள், முறையே கண்ணின் படிகவாணவில்லையின் வழியே, அதனின்று தூரம் வேறுபடாதுள்ள காட்ட எடகத்தில் (ரெடினுவில்) அமைக்கப்படுகின்றன ; படிகவாணவில்லை (கிரிஸ்டலின் லென்ஸ்) உப்புவதையும் மெலிவதையும் யொட்டி, முறையே, அதன் கூம்படைவுத்திறன் தக்க பல வளவுகளானவாறு வேறுபடும். எனவே, பலவளவான தொலைகளிலுள்ள வஸ்துக்களின் பிம்பங்கள், முறையே, தெளிவாய் காட்ட எடகவைப்பில் விழல், எதுவாகின்றது. படிகவாணவில்லை $\frac{1}{3}$ அங்குலம் குறுக்களவானது. வெண்காயத்தைப்போல, அது பல படலங்கள் அடுக்கப்பட்டது. கார்னியாவுக்கும் வில்லைக்கும் இடையிலுள்ள இடம் தெளிந்த திரவமொன்றால் நிரம்பியுள்ளது. அத்திரவத்திற்கு, 'அறலியச் செற்றல்' (ஆக்வஸ்ஹ்யூமர்-Aqueous Humour) என்று பெயர். வில்லைக்கும் காட்ட எடகத்திற்கும் இடையில் ஊடுகாணியலான கொங்கியல் பொருள் (ஜெல்லி-Jelly) நிறைந்துள்ளது. அதற்கு' பளிங்கியல் செற்றல் (விட்ரியஸ் ஹ்யூமர்-Vitreous Humour) என்று பெயர்.

காட்ட எடகம் (ரெடினு) ஒளியேற்புக்கான முக்கிய கண் பகுதி. அது மிக மெல்லிய படலமானது ; ஊடு காணியலானது (ட்ரேன்ஸ்பேரண்டானது)

வில்லையை யாத்துள்ள தசைநார்கள் கோரியாயிட் படலத்துடன் சேருமாறான வைப்புகளைத் தவிர்த்தான கோரியாயிட் படலத்து உட்பக்கம் முழுவதிலும் நாட்ட ஏடகப்படலம் படர்ந்துள்ளது. நாட்ட ஏடகப்படலம் முழுவதிலும் ஒளியுணர் நரம்பு நார் முடிவுகள் அடர்த்தியாய்ப் பொருந்தியுள்ளன. அந்நரம்பு நார் முடிவுகள் ஒளியை யுணரும் தன்மையானவை. தொட்டுணர்ச்சியும், சூட்டுணர்ச்சியும், குளிருணர்ச்சியும் மூலத்துகள்களின் இயக்கத்தை யொட்டிய யதிகளால் பயத்தப்படுபவை. ஒலியுணர்ச்சி காற்று யதிகளை யொட்டியுண்டாவது. ரஸாயன மாற்ற முறையை யொட்டி நாக்கு சுவையையுணர்கின்றது. ரஸாயன மாற்றத்தையும், மூலத்துகள் இயக்கத்தையும் யொட்டி மூக்கு முகர்கின்றது. ஒளியுணர்ச்சியுண்டாகும் வகை அவையெல்லாவற்றினின்று வேறுபட்டவியலினது. ஒளிக்கதிர்கள் எவ்வகைப் பருப்பொருள்களில்லாவிடினும் இசைக்கப்படுகின்றவை. அவை சிலவகைப் பொருள்களின்மீது படும்போது, அவற்றில் ரஸாயன மாற்றம் பயத்தப்படுகின்றது. அதை யொட்டி, ஒளியுணரப்படுகின்றது. நாட்ட ஏடகத்தின் (ரெடினாவின்) பெரும் பகுதியில் ஒருவகை கருநீல நிறப்பொருள் சேர்ந்துள்ளது. அதற்கு குச்சிமபுலெல் (ராடாப்ஸின்-Rhodopsin) என்று பெயர். அதன் மீது ஒளிவிழுந்தால், அதன் நிறம் சற்று வெளுப்பாகும். அதில் ரஸாயன மாற்றம் ஏற்பட்டு அது வேறு பொருள்களாய் ஆகின்றமையின், நிறம் மாறுகின்றது. நாட்ட ஏடகத்து அமை-கூட்டுப்பொருளில் ஒளிபடுவதை யொட்டி ரஸாயன மாற்றமாகும் பொருள்கள் இன்னுஞ் சில உள்ளன. ஒளிபடுவதால் அவற்றின் நிறம் மாறுவதில்லை. ரோடாப்ஸின் சேராதவாறு, மற்ற அமைப்பொருள்கள் எல்லாம் சேர்ந்துள்ள நாட்ட ஏடகப் பகுதி ஒன்றுள்ளது. அது, கண் பாப்பாவுக்கு (புயூபிலுக்கு) சரி எதிராயுள்ள பகுதி. அதற்கு 'மஞ்சள் புள்ளி' (யெல்லோஸ்பாட்-Yellowspot) என்று பெயர். ஆங்குள்ள நாட்ட ஏடகப்பகுதி மற்ற எல்லாப் பகுதிகளையும்விட அதிக மெல்லிதாயுள்ளது. ஆங்கு, அதன் தடிப்பளவு, $\frac{1}{250}$ அங்குலமிருக்கும். மற்ற பகுதிகளினவை, $\frac{1}{250}$ அங்குலத்திற்கும் $\frac{1}{50}$ அங்குலத்திற்கும் இடையானவாறு, வேறுபடுவன. நாட்ட ஏடகத்துள்ள நரம்பு நார் முடிவுகளெல்லாம், ஒளிபடுவதை யொட்டி யுண்டாகும் ரஸாயன மாற்றத்தின் விளைப்பாடாய், அவ்வொளியை உணர்கின்றன. ஒளிவிழுவதால் ரஸாயன மாற்ற மேற்படும் நாட்ட ஏடகப் பரப்புகோரியாயிட் வாட்டத்திலுள்ளது. ஒளி, நாட்ட ஏடகத்தினூடே சென்ற பிறகே, உணரப்படுகின்றது. படலத்தடிப்பு மிகக் குறையளவான நாட்ட ஏடகப்பகுதி, மஞ்சள் புள்ளியின் வைப்பிலுள்ளது, எனவும், அப்பகுதியே 'பாப்பாவுக்கு' (புயூபிலுக்கு) சரி எதிராயுள்ளது எனவும் கூறியுள்ளோம். அது, தெளிந்திருத்தப் பார்வை வைப்பு (ஸ்பாட் ஆப் மோஸ்ட் டிஸ்டிங்குடு விஷன்-Spot of most distinct vision) எனப்படும். நாம்

நாட்ட ஏடகமும் ஒளியுணர்ச்சியுண்டாதலும்

நோக்கும் வஸ்துக்களின் பிம்பம் அவ்விடத்தில் விழுமாறு, நமது கண்ணைத் தக்கவாறு திருப்பித் திருப்பி வைத்துக்கொண்டிருப்போம். மஞ்சள் புள்ளியினின்று, மூக்கு வாட்டத்தில் $\frac{1}{8}$ அங்குல தூரத்தில், கண்ணிலிருந்து மூளைக்குச் செல்லும் 'அம்பக நரம்பு' (ஆப்டிக் நர்வ்-Optic nerve) நாட்ட எடகத்துடன் சேர்கின்றது. அது பொருந்தும் இடத்தில், நாட்ட எடக அமைப்பொருள் இல்லை. நரம்புப் பகுதியே யுள்ளது. அது, யதியை இசைக்கூடுமேயன்றி, ஒளியுளவைக் காணமுடியாதது. ஆதலின் அவ்விடம் ஒளியுணர்ச்சியற்றதாயிருக்கும். அதற்கு 'குருட்டுப்புள்ளி' (பிளைண்டு ஸ்பாட்-Blind Spot) என்று பெயர். வெளி வஸ்துவொன்றின் பிம்பம் ஆங்கு விழுந்தால், அவ்வஸ்து கட்புலனுகாது. × என்ற குறியையும், அதிலிருந்து பக்கவாட்டமாய் மூன்று அங்குல தூரத்தில், ● என்ற குறியையும் ஒரு தாளில் போடுவோம். அத்தாளை கண்ணிலிருந்து பத்து அங்குல தூரத்தில் பிடித்துக்கொண்டு, இடது கண்ணை மூடியவண்ணம், × என்ற குறியை வலக்கண்ணுல் உற்று நோக்கிக்கொண்டு, தாளைப் படிப்படியாய் கண்ணின் கிட்டகொண்டு வருவோம். கண்ணிலிருந்து ஆறு அங்குல தூரத்திலுள்ளபோது, அத்தாளை சற்று முன்னும் பின்னுமாக அசைப்போமாயின் தாள் ஓரளவு தூரத்திலுள்ளபோது, ● என்ற குறி காணப்படாது மறைந்துவிடும். அந்நிலைமையில் அதன் பிம்பம் அம்பக நரம்பின்மீது விழுகின்றது. ஒளி யுணர்ச்சி யுண்டாவதில்லை.

அம்பக நரம்பு நாட்ட எடகத்தில் (ரெடினுவில்) சேரும் இடத்திலிருந்து பிரியும் மெல்லிய நரம்பு நார்கள் நாட்ட எடகத்தின் பல வாட்டங்களிலுமாய் செல்கின்றன. அந்நார்களின் முடிவுகளில் நரம்பு ஸெல்கள் அமைந்துள்ளன. அந்த ஸெல்கள் நரம்பு ஸெல்கள் தொடர்பாதற்கான முறையையொட்டி, நாட்ட எடகத்தின் மற்ருெரு படலத்திலுள்ள நரம்பு ஸெல்களுடன் தொடுப்பாகின்றன. அந்த ஸெல்கள், ஒளியுளவு காண்திறன் சிறந்தவை. ஒளியுளவுகாண்ஸெல்கள் (டிடக்டர்கள்-Detectors) இருவகையானவை. ஒருவகையான வற்றில் நுண்ணிய குச்சிகள்போன்ற அமைப்புக்கள் உள. அவை 'குச்சிகள்' (ராடுகள்-Rods) எனப்படுகின்றன. மற்ருெரு வகைஸெல்களில் கூம்பிய அமைப்புக்கள் உள்ளன. அவை 'கூம்பிகள்' (கோன்கள்-Cones) எனப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு ஸெல்லிலும், முறையே, நியூக்ளியஸ்கள் உள்ளன. ஒவ்வொரு ஸெல்லின் ஓரத்திலும், முறையே, ஒரு குச்சியாவது, ஒரு கூம்பியாவது, இருப்பன. குச்சிகளில் மட்டுமே 'ரோடாப்ஸின்' சேர்ந்துள்ளது. குச்சிகளின் பாற்பட்ட அலுவலின் நுணித்தலும, கூம்பிகளின் பாற்பட்ட

குச்சிகளும் கூம்பிகளும் அலுவலின் நுணித்தலும் வேற்றுமையானவை.

கூம்பிகள் நுட்பமாய்ப் பகுத்தறியும் கூர்மையையும், நிறபேத மறியும் திறனையும் பெற்றவை. மஞ்சள் புள்ளியில் கூம்பிஸெல்கள் மட்டுமேயுள்ளன ; குச்சி ஸெல்கள் இல. 'குச்சிகள்' ஒளியின் அடல்தாறு

(இண்டன்ஸிடி) நுட்பங்களை உணரும் நுணித்தலானவை. இரவிலும், மங்கல் ஒளியான வேளைகளிலும், 'கூம்பிகள்' தம்பணியாற்றும் திறனற்றவை. ஒளிமங்கிய பிம்பமுள்ளதை, குச்சிகள் தாம் உணர இயன்றவை. அப்பிம்பம் தெளிவாயும் திருத்தமாயும் தெரியாது; நிறபேதங்களும் புலனாகா. பொழுதானபிறகு ஒன்றும் தெளிவாய்த் தென்படுவதில்லை. அந்திமாலைச் சிறப்பு அகன்றபின் எல்லாம் நிழற்சாயல் தோற்றம் தரித்தேயுள்ளன. குச்சிகள் ஒவ்வொன்றின் உணர்ப்பதங்களும், அவ்வக்குச்சிக்கென்றான நரம்பு நார்வழியே அம்பக நரம்புக்கு, முறையே, இசைக்கப்படுவன. இரண்டிரண்டு, அன்றி, மூன்று மூன்று குச்சிகளுக்கு ஒவ்வொரு நரம்பு நார், என முறையே, அமைந்தவாறும் இருக்கலாம். குச்சிகளும் நரம்பு நார்களும் தொடர்பாயுள்ள முறையை யொட்டியே கூம்பிகளும் நரம்பு நார்களும் தொடர்பானவை. இவ்வாறான நரம்பு நார்த்தொடுப்பு முறையையொட்டி, குச்சிகளின் உணர்க்கண்ணறைகளும், கூம்பிகளின உணர்ச்சுட்டுகளும், அம்பக நரம்புக்கு இசைக்கப்படுகின்றன, நாட்ட எடகத்திலிருந்து எழும்பிச் செல்லும் அம்பக நரம்பு தலையின்பின் வாட்டத்திலுள்ள செம்மல் மூளைப்பகுதியில் வந்து பொருந்துகின்றது. ஆங்கு அந்நரம்பின் புரிகள் விரிந்து, அவற்றின் சிறப்புக்கான வகையில் பின்னிக்கொண்டு ஒண்ணலாகின்றன. அவ்வாறு அந்நரம்பு நார்கள் விரிந்து பொருந்தும் இடம் கண்ணறையானது. செம்மல் மூளையிலுள்ள பார்வைத் தலப்பரப்பு (ஸைட் எரியா-Sight area) வியனானது. அவ்விசாலமான இடத்தில் நாட்ட எடகத்திலிருந்துவரும் உணர்ப்புகறல்கள் (ஸென்ஸ் இம்பரஷன்கள்-Senseimpressions) பதிந்து 'காணல்' எனும் புலனுணர்ச்சியை விளைவிக்கின்றன. அவ்வுணர்ப் பொறிப்புக்கள் பதிக்கப்படலாதலையொட்டி நாட்டப்படுவது, 'ஞாபகம்.'

தலை கீழ்ப்பிம்பம் தலைமேலானவாறு புலப்படல்

ஒரு வஸ்துவினின்றுவரும் ஒளிக்கதிர்கள் கூம்படைவியல்வில்லை (கன்வர்ஜிங்கு லென்ஸ்) ஒன்றால் கூம்படைவாகிச் சேர்தலையொட்டி ஏற்படும் பிம்பத்தில், அவ்வஸ்து தலை கீழானவாறு காணப்படும். அம்முறையையொட்டி, நாட்ட எடகத்தில் (ரெடினாவில்) விழும்பிம்பங்கள் தலை கீழாகவே அமைவன. ஆயினும், நாம் ஒரு வஸ்துவைப் பார்க்கும்போது அது தலை கீழாய் இருப்பதாக நமக்கு புலப்படவில்லை. அவை, தலைமேலானவாறு சரியான நிலைமையினவாகவே காணப்படுவதற்கான காரணம் என்ன என்பதைக் கூறலாம். 'காணல்' என்ற உணர்ச்சி யுண்டாகும் இடம், செம்மல் மூளைப் பகுதிகளிலொன்று; நாட்ட எடகம் அன்று. நாட்ட எடகத்தில் ஒளிச் சக்தியை யொட்டியான் யதிகள் மட்டுமே உண்டாகின்றன; 'கண்ணுறல்' என்ற காரியம் ஆங்கு நடைபெறலில்லை. ஒளிச் சக்தியினால் விளைவிக்கப்பட்ட யதிகள் செம்மல் மூளையில் படும்போதுதான் 'தெரிதல்' என்ற உணர்ச்சி ஏற்படுகின்றது. மூளையில் யதிகள் தெரிக்கப்படலாதலை

யொட்டி நாம் காண்கின்றோமேயன்றி, நாட்ட எடகத்தில் அமையும் பிம்பத்தின் பொருவ நிலைமையையொட்டி யன்று. எண்ணத் தொடர்புறவு முறையை (அஸ்ஸோஸியேஷன் முறையை) யொட்டி, பொதுவாய், வஸ்துகளின் இருக்கை நிலைமைகளைப்பற்றி அறியப்பட்டவற்றைக்கொண்டு, நாட்ட எடகத்திலிருந்து வரும் யதிகளுக்கான காணுணர்ச்சியை செம்மல் மூளைதோற்றுவிக்கின்றது.

கண்கள் இரண்டாயிருத்தல், என்பது, அழகுக்காக மட்டுமென்று; காரியத்துக்காகவும் தான். நாம் ஒரு வஸ்துவைப் பார்க்கும்போது, நமது இரு கண்களிலுள்ள நாட்ட எடகங்கள் இரண்டிலும், முறையே, அவ்வஸ்துவின் பிம்பங்கள் விழுகின்றன. ஆயினும், அப்பிம்பங்கள் ஒன்றினின்றொன்று சற்று வேறுபட்டவாறிருப்பன. அவ்வேற்றுமையையொட்டி, அவ்வஸ்து நம்மினின்று எவ்வளவு தூரத்திலுள்ளது என்பதையும், அதன் திடவட்டியல்பையும் (ஸோலிடிடி-**Solidity**) மதிப்பிட முடிகின்றது.

கண்கள் இரண்டாயிருந்தலின் நோக்கம்

நாம் நோக்கும் திக்குக்கேற்றவாறு விழியைத் திருப்புவதற்கான கண்தசைகள், தம் வேலையை, சாதாரணமாய்; தம்மியலாகவே செய்யும் திறன்வாய்த்தவை. நாம் விரும்பும் வாறுன திக்கில் நோக்குவதற்கெனவும் அத்தசைகள் இய்க்கப்படலாம். அத்தசைகள் திட்பமாய்த் தம்பணியாற்றக் கூடியவை. ஒரு வஸ்து நம்மினின்று எவ்வளவு தூரத்தில் உள்ளது, என்றதை எவ்வாறு மதிப்பிடுகிறோம் என்பதைக் கவனிக்கலாம். ஒரு கண்ணைக்கொண்டு கூட தூரத்தைக் குணிக்க இயலும். தொலையிலுள்ள வஸ்துவுக்கும் கண்ணுக்கும் இடைப்பட்ட இடம் சற்று மங்கலாய்த் தோன்றும். அம்மங்கலினளவைக்கொண்டு, அவ்வஸ்துவின் தூரம் எவ்வளவென ஒருவாறு மதிப்பிடலாம். பசுமாடு ஒன்று சாதாரணமாய் எவ்வளவு பெரிதாயிருக்கும், என நாம் அறிவோம். தொலையில் மேய்ந்துகொண்டுள்ள பசுமாடு சிறியதாய்த் தோன்றும். அது எவ்வளவினதாய்த் தோன்றுகின்றது என்பதையும், அதன் மெய்யளவு என்னவென அனுபவத்தையொட்டி அறிந்துள்ளதையும் கொண்டு, அது எவ்வளவு தூரத்திலே மேய்ந்து கொண்டுள்ளது என மதிப்பிடலாம். வயல்கள், மரங்கள், பாறைகள் முதலானவை பரந்தவாறு காணப்படலாலான நிலத்தோற்றக் காட்சிகளை (லாண்டிஸ்கேப்புகளை-**Landscapes**)ப்பன்முறைப் பார்த்துள்ள அனுபவத்தைக்கொண்டு, எணிருத்திருக்குப் பரியை (பர்ஸ்பெக்டிவை-**Perspective**) யொட்டி, தூரத்தை மதிப்பிடலாம். நிறம்-நிழற்சாயல் (ஷேடிங்கு-**Shading**), எணிருத்திருக்குப்பரி-என்ற வற்றை யொட்டி, திடவட்டியல்புத் தோற்றமான ஓவியங்கள் தட்டைப் பரப்புகளின் மீது தீட்டப்படுகின்றன. ஒரு கண்ணால் தூரத்தைக் குணிக்கக்கூடுமாயினும், இரு கண்களைக்கொண்டு, அதிக திட்டமாய் தூரத்தை மதிப்பிடலாம். ஒரு கண் பொட்டையான குருடர், காப்பியை ஆற்றும்போது அதை தமளருக்குள் ஊற்றாமல், சகஜமாய், தரையில் கொட்டிவிடலாம்; அவர், ஊசியில் நூலைக்

நோக்க மிகவும் கஷ்டப்படுவார். இருகண்களும் வாய்த்தவர் காப்பியைக் கொட்டமாட்டார். ஊசியில் நூலை சுலபமாய்க் கோத்துவிடுவார். சற்று தூரத்தி லுள்ள வஸ்து வொன்றைப் பார்க்கும்போது, இருகண்களும், முறையே, எவ்வளவுக்கு உள்வாட்டமாய் ஒன்றையொன்று நோக்கியவாறு திருப்பப்படல் வேண்டும், என்பதை உணர்வதினின்று, அவ்வஸ்துவுள்ள தூரத்தை இரு கண்ணுடையார் மதிப்பிடுகின்றனர். இருகண் பார்வையினால், திடவட்டியல் பைக் காணலாம். ஒரு வஸ்துவினது இடப்பக்கமாய்ப் பார்க்கும் (நமது வலப் பக்கமாய்) அளவைவிடச் சற்று அதிக வளவு (நமது) இடப்பக்கமாய், நமது இடக்கண் நோக்கும். அம்முறையை யொட்டி, நமது வலக்கண் வஸ்துவினது இடப்பக்கமாய் (நமது வலப்பக்கமாய்) அதிக வளவு நோக்கும். சற்று வேறுபட்ட வாறான இருபிம்பங்களை யொட்டிய உணர்யதிகள், முறையே செம்மல் மூளையில் பதிகின்றன. அதனால் திடவட்டியல்பைக் காணும் உணர்ச்சி ஏற்படுகின்றது. இதற்கு, இருவிழி நயனக்காண்மை (பைனாகுலர் விஷன்-Binocular vision) என்று பெயர். இம்முறையை யொட்டி மீயுடங்குக் கீறல்கள் (அனாகிளிப்-Anaglyph) என்ற ஒருவகைப் படங்கள் அச்சிடப்படுகின்றன. ஒரே வஸ்து வைச் சித்தரித்துக் காட்டும் இருபடங்கள் ஒன்றின் மீதொன்றாய் அச்சிடப் படுகின்றன. ஒரு படம் சிவப்பு மையில் அச்சிடப்படும். அது, அவ்வஸ்து இடது கண்ணால் பார்க்கப்படும்போதுள்ள தோற்றத்தைக் காட்டுவது. மற்றொரு படம் நீலமையில் அச்சிடப்படும். அது, அவ்வஸ்து வலது கண்ணால் பார்க்கப் படும்போதுள்ள தோற்றத்தைக் காட்டுவது. வலப்பக்கமாய் நீலக்கண்ணாடியும் இடப்பக்கமாய் சிவப்புக்கண்ணாடியும் பொருத்தப்பட்டுள்ள மூக்குக் கண்ணாடி யைப் போட்டுக்கொண்டு, 'அனாகிளிப்' படமொன்றை நோக்கினால், வஸ்துவின் சித்திரம் திடவட்டியல்பானதாய்க் காணப்படும். சிவப்பு நிறமும் நீல நிறமும் ஒருங்குபடும்போது ஒருவகைக் கருஞ்சாம்பல் நிறம் தோன்றும். 'அனாகிளிப்' சித்திரம் அந்நிறத்தினதாய்க் காணப்படும்.

நாட்ட ஏடகத்தின்மீது விழுகிற பிம்பங்கள், முறையே, அவை அமைந்த பின், அவற்றை யொட்டிய வஸ்துக்கள் மறைந்துபோய்விடினும், அதன் பிறகு அரைக்கால் ஸெகண்டு நேரம் வரை, ஆங்கே மறைவுறாதுள்ளன. கண்ணின்

நாட்ட ஏடகத்தில் பிம்பம் ஆருபப்பற்றுரிமை யுடனிருத்தல்.

இத்தன்மைக்கு பார்வையின் ஆருபப்பற்றுரிமை (பர்விஸ்டன்ஸ் ஆப் விஷன்-Persistence of Vision) என்று பெயர். மழைத்துளிகள் மெது வாய் விழுகிறபோது, அவற்றை தனித்தனித் துளிகளாய்க் காண்கிறோம். ஸெகண்டிற்கு எட்டு துளிகள் என்றதைவிட அதிகமானவாறு அவை விழுந்தனவாயின் நாம் அவற்றை தனித்தனித் துளிகளாய்க் காண்பதில்லை. மழை பெய்யும்போது, கோடுகளான நீர்க்கால்களையே காண்கிறோம். சக்கரமொன்று அதிவேகமாய்ச்

சுழன்றுகொண்டுள்ளபோது, அது ஆரைக்கம்பிகளே (ஸ்போக்குளே-Spokes) யில்லாததுபோல் தோன்றுகின்றது. அக்கம்பிகளில் எதுவும், முறையே, ஓரிடத்திலேயே அரைக்கால் ஸெகண்டு நேரம் கூடத்தங்குவதில்லை. ஆதலின் அவற்றினூடே வரும் ஒளி தடையின்றித் தொடர்ந்தவாறு வருவதுபோல் நமக்குத் தோன்றுகின்றது. கார்த்திகை தீப்பொறிப்புச் சொக்கப்பானை சுழற்றப்படும்போது, நாம் காணும் ஒளிவளையம், நாட்ட எடகத்து 'ஆருபப் பற்றுரிமை'யை (பர்ஸிஸ்டன்ஸை) யொட்டியே, காணப்படுவது நமது நாட்ட எடகத்தில் (ரெடினாவில்) அமைகின்ற பிம்பங்கள், முறையே, ஆங்கு அரைக்கால் ஸெகண்டுவரை மறையாமல் பொருந்தியிருக்குமாறான இயலினவாய் இருத்தலினாலேயே, நடக்கக் கடவல் (ஸினிமா-Cinema) படக் காட்சிகள் நிறுவப் படல், சாத்தியமாயிற்று. ஸினிமாத்திரைப் படத்தில் ஒருவர் கையைத் தூக்குவதைக் காண்கிறோம். அதைக் காட்டுவதற்கான உரிமடல் (பிலிம்-Film) பல அடி நீட்டமாயிருக்கும். அதில் ஒன்றின் கீழொன்றாக வரிசையாய்ப் பல படங்கள் இருப்பன. மேலுள்ள படத்தில், கை கீழுள்ளதைப்போலிருக்கும். அதற்கு அடுத்ததாகக் கீழுள்ள படத்தில், கை சற்று உயரம் எழுந்தள்ளவாறு இருக்கும். அதற்கு அடுத்தக் கீழானதில், கை இன்னும் சற்று உயர்ந்தவாறு இருக்கும். இவ்வாறே படிப்படியாய் கையுள்ள நிலைமை உயர்ந்தவாறு பல படங்களில், முறையே, இருப்பன. அப்படங்கள் எல்லாம், முறையே, அரைக்கால் ஸெகண்டைவிடக் குறைந்த நேரம் இடைவிட்டவாறு, ஒன்றின் பின்னொன்றாய், திரையில் எறித்தற்படுவன (ப்ரோஜெக்டாக்கப்படும்-Projected). திரையில் விழுகிற (ப்ரோஜெக்டான) படத்தைப் பார்ப்பவர்க்கு, 'கையைத் தூக்கல்' என்ற செய்கை தொடர்ந்து நடந்தேறுவதாகப் புலப்படும்.

இலகலான வஸ்துகளும் இலகலிலா வஸ்துகளும்.

ஒரு வஸ்துவிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்கள் கண்ணில் புகுந்து பிம்பம் அமைத்தலை யொட்டி, நாம் அவ்வஸ்துவைப் பார்க்கிறோம் என்ற உணர்ச்சி நம்மில் தோன்றுகின்றது. ஒளிக்கதிர்கள் அவ்வஸ்துவிலேயே உற்பத்தியானவையாயிருக்கலாம்; அன்றி, வேறொன்றில் உற்பத்தியாகிவந்து, அவ்வஸ்துவின் மீது விழுந்து வருவனவாயிருக்கலாம். தம்மியலாகவே ஒளிக்கதிர்களை வீசிக்கொண்டிருப்பனவான வஸ்துக்களுக்கு 'இலகலான' (ல்யூமினஸ்) வஸ்துக்கள் என்றும், தாமாகவே ஒளிவீச வியலாதவற்றினுக்கு 'இலகலிலா' (நான் ல்யூமினஸ்) வஸ்துக்கள், என்றும் பெயர். சூரியன், விளக்கு, முதலானவை இலகலானவை. பலகை, புத்தகம், மரம், பானை, சந்திரன், முதலானவை இலகலிலாதன; இவற்றின் மீது இலகலான ஒன்றினின்று வீசப்படும் ஒளிக்கதிர்கள் படலாதலையொட்டியே, இவை, கட்புலனாகின்றன. இலகலான வஸ்துவொன்றில் ஒளி எவ்வாறு உண்டாகிறது, என்பதைப் பிறகு கூறுவோம். அவற்றில் பயத்தப்படும் ஒளி, கதிர்களானவாறு

வீசப்படுகிறது, என, நாம் அறிவோம். அக்கதிர்கள் நேர்கோடுகளில் செல்வன வாக நமக்குத் தோன்றுகின்றது. கூரையிலுள்ள ஓட்டையொன்றின் வழியே, சூரிய வெளிச்சம் வருகிறது. அவ்வோட்டைக்கு நேரிலுள்ள இடம் பளிச் செனக் காணப்படுகின்றது. அவ்விடத்திற்கும் ஓட்டைக்கும் இடையிலுள்ள தூசிகள் முதலானவை ஒளிபட்டு பளிச்செனத் தெரிகின்றன. ஓட்டையிலிருந்து ஒளி கீழேபடும் இடம் வரை, நேர்க்கோடுகளில் அமைந்தவாறு அத்தூசிகள் காணப்படுகின்றன. இவ்வாறுள்ளமையின், ஒளி நேர்க்கோடுகளில் செல்வன என நாம் கூறுகிறோம். ஒளிக்கதிர்கள் அத்தூசிகளின் மீது விழுந்து சிதறடிக்கப்பட்டு பல வாட்டங்களிலும் பரவிச் செல்கின்றன. அவற்றில் சில நம் கண்ணில் படலை யொட்டி, நாம் அத்தூசி களைக் காண்கிறோம். அவை துலக்கமாய்த் தெரிதலைக்கொண்டு, அவை அமைந்துள்ள பாதையில் ஒளிக்கதிர்கள் செல்கின்றன, என, அறிகிறோம். அத்தூசிகள் ஆங்கு இல்லாவிடின், ஒளிக்கதிர்கள் அவ்வழியே செல்லலை நாம் காணல் இயலாது. ஒளிக்கதிர்கள் கண்ணில் விழும்போது, நம்மில் ஒளி யுணர்ச்சி யுண்டாகும். அவை ஒரு வஸ்துவின் மீது பட்டு, பிறகு, நமது கண்ணில் விழும்போது, அவ்வஸ்து பார்க்கப்படும். ஒளிக்கதிர்கள் நேரே நம் கண்ணில் படாமலிருக்கும் வரை, நம்மில் ஒளி யுணர்ச்சி யுண்டாகாது. அதாவது, 'ஒளிக்கதிர்கள்' என்றுனவற்றைக் காணல் இயலாது. கூரையின் ஓட்டை வழியே வருகின்ற ஒளிக்கதிர்கள் செல்லும் பாதையில் தூசிகளாயினும் மற்ற எப்பருப்பொருளாயினும் இல்லாவாறுகி, அக்கதிர்கள் நம் கண்ணில் புகாவாறும், இருப்பின், ஆங்குள்ள ஒளி நமக்கு கட்புலனாகாது. அந்நிலைமையில், ஒளிக்கதிர் கள் ஆங்கில்லாது மறைந்துவிடின், அவை மறைந்துவிட்டன என்பதையும் நாமறியமாட்டோம். கண்ணால் பார்க்கப்படுபவை வஸ்துக்கள்; ஒளியன்று; கண்வழியே மூளையில் ஒளியுணர்ச்சி யுண்டாகிறது. 'மரம்' என்ற வஸ்துவொன் றைக் கண் பார்ப்பதைப்போல, 'ஒளி' என்ற வஸ்துவொன்றைக் கண் காண்பதில்லை.

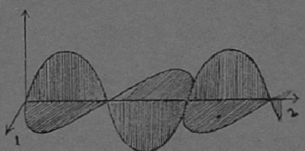
ஒளி நேர்க்கோடுகளில் செல்லல்.

ஒளிக்கதிர்கள் வெற்றிடத்தினூடேயும் செல்கின்ற தன்மையானவை. அவை 'பருப்பொருளியலான ஊடேகுயிடவை' (மெடீரியல் மீடியம்-**Material Medium**) ஒன்றுமில்லாத வழியேயும் செல்கின்றன. அவ்வாறு செல்லவியன்ற வை, மின் காந்தவியலான அலைகள் (எலக்ட்ரோமாக்னடிக்வேவ்கள்-**Electro-magnetic Waves**) என்றவை, என அறியப்பட்டுள்ளது. எனவே, ஒளிக் கதிர்கள் எனப்படுபவை மின் காந்தவியலான அலைகளாயிருத்தல்வேண்டும், என, ஏற்படுகின்றது. ஆனால் ஒளிக்கதிர்கள் நேர்க்கோடுகளில் செல்வன வாகக் காணப்படுகின்றன. நேர்க்கோடுகளாயமைந்தவை அலைகளானவாறு இருக்கமுடியாதவை, என, நாம் அறிவோம். ஆயினும் அதிநுட்பமான குறுக்கை

அலைகள் (ட்ரான்ஸ்வர்ஸ் வேவ்கள்) செல்லும்போதான பாதையின் வடிவமும், அவற்றின் வீச்சுவரைவு (ஆம்ப்ளிட்யூட்) அளவின் அகலமான நேர்க்கோடுப் பாதையொன்றின் வடிவமும் ஒரேவாறான தோற்றமானவை. அவ்வாறான பாதையொன்று நேர்க்கோடானதொன்றா, அன்றி, அலைகளாலானதொன்றா, என, நுட்பமாகச் சோதனை செய்து அறியலாம்;

ஒளியலைகள்-மின் காந்தவியல் அலைகள்.

நேர்க்கோடுகளில் செல்லும் கதிர்களின் கற்றையொன்று, அதன் குறுக்களவை விடக் குறைந்தவளவான துளையொன்றினூடே சென்ற பிறகு அதன் குறுக்களவு துளையினளவினதாகும். அலைகளாயச் செல்லும் கற்றையொன்று, அதன் குறுக்களவைவிடக் குறைந்தவளவான துளையொன்றினூடே சென்ற பிறகு, அதன் அகலவளவு துளையினதைவிடச் சற்று அதிகமாயிருக்கும். ஏனென்றால், ஓரப்பகுதிகளிலுள்ள அலைகளின் வரைவு வீச்சையொட்டி, அவ்வலைகள் துளையினோரத்திற்குச் சற்று மேலும், சற்று கீழும், முறையே திவளலாகின்றன. இம்முறையையொட்டி, நுட்பமாய்ச் சோதனை செய்து பார்த்தபோது, மிக நுண்ணிய இடுக்கொன்றினூடே செல்லும் ஒளிக்கதிர்க் கற்றையொன்று, இடுக்கைக் கடந்த பிறகு, மேற்கூறியவாறு, இடுக்கினளவைவிட அகலமானவாறு பரவுகின்றது, எனக் காணப்பட்டது. எனவே, குறுக்கை அலையியக்க முறையையொட்டி ஒளி இசைக்கப்படுகின்றது, என்ற முடிவு நிலைநாட்டப்பட்டது. மேலே கூறியவாறு, ஒளியலைகள் மின்காந்தவியலானவை, என்ற முடிவும் நிலைநாட்டப்பட்டது. மின்காந்த அலை என்றால் என்ன என்பதைக் கவனிப்போம். மின்புலம் (எலக்ட்ரிக்பீல்ட்) ஒன்றும் காந்தப்புலம் (மாக்னடிக்பீல்டு) ஒன்றும், ஒன்றுடனொன்று குறுக்கையானவாறு இயங்கிக் கொண்டிருப்பனவானதை யொட்டி யுண்டாகும் தொகுப்பு அலைகள் மின்காந்த அலைகள் எனப்படுபவை. கயிற்றலை யொன்றில், கயிற்றுப்பகுதிகள் நிலையிடத்



படம் 218

மின்காந்த அலை பரவும் தன்மை.

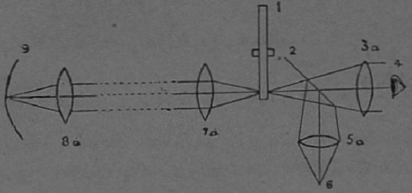
1. செம்மைக் கோணமான திக்கு.
2. அலையிசைக்கப்படும் திக்கு.

தினின்றுள்ள தூரங்கள், முறையே, ஓரிடைப்போதில், தக்கவாறு வேறுபட்டு வருவனதைப்போன்று, ஓரிடைப்போதில், காந்தப் புலத்தின் அடல்தாறும்

(இண்டன்ஸிடியும்), மின்புலத்தின் அடல்தாறும், முறையே, தக்கவாறு வேறுபட்டுவருவன. மின்காந்த அலையொன்றில், மேலுங்கீழுமாய் ஆடிக்கொண்டிருக்கும் பருப்பொருள் (மெடீரியல்-Material) எதுவும் இல்லை. காந்தவலிமையும், மின்சாரவலிமையும், முறையே வேறுபட்டு வருபவை. அவ்வலைகளை யொட்டிய துடிதுடிப்புகள், வலிமை வேறுபாடுகளைப் பொருத்தவாறு நிரலாகின்றவை. எனவே, காணவியன்ற அலைவடிவம் அமையாது. உடன்தொடர்பு அலையன்ன படிவங்கள் (அஸ்ஸோஷியேடட் வேவ்பார்முகள்) வரையப்படலாம். காந்தப் புலமும், மின்புலமும், முறையே, வெற்றிடத்திலும் அமையக்கூடியவை. ஆதலின் மின்காந்த அலைகள் வெற்றிடத்தினூடேயும் இசைக்கப்படலாம். எல்லாவகையான மின்காந்த அலைகளும், ஸெகண்டிற்கு, 1,86,300 மைல்கள் என்ற வேகத்துடன் இயக்கப்படுபவை. அவற்றின் துலித நிரல்மானங்களும் (ப்ரீக்வன்ஸிகளும்), அலைநீளங்களும், முறையே, எவ்வளவாகவேனும் இருக்கலாம். ஆயிரங்கோடி யிலொருபங்கு அங்குல நீளமானவற்றினின்று, இருபது மைல்கள் வரையான அலை நீளங்களைக்கொண்ட மின்காந்த அலைகள் செயல் முறையை யொட்டி விளைவிக்க இயன்றவை. அவற்றில் $\frac{1}{1000,00,00,000}$ (அர்ப்புதத்திலொருபங்கு) அங்குல அலை நீளத்தினின்று $\frac{5}{100,00,00,000}$ (சதக் கோடியில் ஐந்து பங்கு) அங்குலம் வரை, ஆனவை, 'காமாக்கதிர்கள்' (Gamma Rays); $\frac{2}{100,00,00,000}$ (சதக்கோடியில் இரண்டு பங்கு) அங்குலம் முதல் $\frac{2}{10,00,000}$ (பத்துலக்ஷத்தில் இரண்டு பங்கு) அங்குலம் வரை, புதிர்க்கதிர்கள் (எக்ஸ்ரேக்கள்-Xxoys); $\frac{2}{10,00,000}$ அங். முதல் $\frac{17}{10,00,000}$ (பத்துலக்ஷத்தில் பதினேழு பங்கு) அங்., வரை, அகறல் குவளையரிக் கதிர்கள் (அல்ட்ரா வயலட் ரேக்கள்-Ultra-violetrays); $\frac{16}{10,00,000}$ அங். முதல் $\frac{3}{1,00,000}$ (லக்ஷத்தில் மூன்று பங்கு) அங். வரை, கண்காண் ஒளிக்கதிர்கள்; $\frac{3}{1,00,000}$ அங்.. முதல் $\frac{4}{100}$ (நூற்றில் நாலு பங்கு) அங், வரை, இமைத்தலிலாச் செவ்வொளிக் கதிர்களும் (இன்ப்ராரெட்ரேஸ்-Infra-red Rays). சூட்டலைகளும்; $\frac{4}{100}$ அங்.முதல் 20 மைல்கள் வரை. ஹெர்ட்ஜியன் (Hertzian) அலைகள் எனப்படுகிற ஒலி பரப்பு (ரேடியோ-Radio) அலைகள். இங்ஙனம், மின்காந்தவியல் அலைகள், வெவ்வேறு தோற்றங்களுடன் உள்ளன. ரேடியோ அலைகள் கட்புலனாகாதவை; இன்ப்ரா சிவப்பு அலைகள் சூட்டுணர்ச்சியை விளைவிக்கின்றன; ஒளியலைகள்

ஒளியுணர்ச்சியை அளிக்கின்றவை; அல்ட்ராவயலட் கதிர்களும் எக்ஸ்-கதிர்களும், முறையே, சிலவகையான பொருள்களின் மீதுபட்டால், அவை ஒளிர்கின்றன; கதிர்கள் படும்முன் அவை கட்புலனுகாதவை; காமாக்கதிர்கள் கட்புலனுகாதவை; ஆனல் தோலின்மீது அவை பட்டால், அவ்விடம் புண்ணய் விடும். இவை யெல்லாவற்றினுக்கும் பொதுவான பண்புகளிலொன்று, அவையெல்லாம் மின்காந்தவியலானவை, என்பது. அவை மின்னேற்புகளின் (எலக்ட்ரிக் சார்ஜுகளின்) இயக்கத்தால் பயத்தப்படுபவை. அவையெல்லாம் பருப்பொருளியவாயில்லாத ஊடேருயிடவையின் வழியே செல்லக்கூடும், என்பது அவற்றின் பொதுப்பண்புகளில் மற்ருென்று. இன்னுமொரு பொதுப் பண்பு, அவையெல்லாம், முறையே, ஸெகண்டிற்கு 186,300 மைல்கள் என்ற வேகத்துடன் இகைக்கப்படுகின்றன, என்பது. ஒளிக்கதிர்கள் யெனப்படுபவை, $\frac{1}{60,000}$ அங். முதல் $\frac{1}{30,000}$ அங். வரை அலைநீளமான மின்காந்தவியலிய அலைகள் என, அறிகிருேம். அலையியக்க முறையையொட்டி, ஒளி இகைக்கப்படுகின்றது என சோதனைவாயிலாய் எவ்வாறு நிலைநாட்டப்பட்டது என, மேலே கூறியுள்ளோம். அலைகளின் இலக்ஷணங்கள் எல்லாம் ஒளியலைகளில் அமைந்துள்ளன, என, இன்னும் பல சோதனைகளை யொட்டி, காணப்பட்டுள்ளது.

நுட்பமான சோதனைகள் செய்யப்பட்டு, ஒளி செல்லும் வேகம் அளவிடப்பட்டது. ஒரு விளக்கினின்று செல்லும் ஒளி, அதன் வழியில், அதற்கு



படம் 217

ஒளி செல்லும் வேகத்தை அளவிடல்.

1. பல் சக்கரம்.
2. கண்ணடிப்பட்டை.
3a, 5a, 7a, 8a,—வில்லைகள்.
4. கண்.
9. நிலைக்கண்ணடி.

நாற்பத்தைந்து டிக்ரிகள் கோணச்சாய்வாய் வைக்கப்பட்ட கண்ணடிப்பட்டை

யொன்றில் பட்டு பிரதிபலிக்கின்றது. அதிவேகமாய்ச் சுழன்றுகொண்டுள்ள பற்சக்கரமொன்றின் விளிம்புலுள்ள பற்களினூடே, அவ்வொளி செல்கின்றது. அதன் பிறகு, அது, பல மைல்கள் தூரம் சென்று, ஆங்குள்ள நிலைக் கண்ணாடியொன்றால் பிரதி பலிக்கப்படுகின்றது.

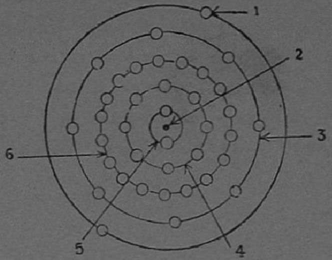
ஒளியின் வேகத்தை அளவிடல்.

பிரதிபலிக்கப்பட்ட ஒளி பற்சக்கரத்திற்கு மீண்டும் வருகிறது. அது முன்பு சென்றபோது, இருபற்களிடையுள்ள சந்தொன்றின் வழியே, அதைக் கடந்து போயினது. அது மீண்டும் வருவதற்குள், சக்கரத்தின் சந்திருந்த நிலைமையில் பல் வந்திருந்தால், அவ்வொளி அதனூடே செல்லவொட்டாது தடுக்கப்படும். சாய்வுக் கண்ணாடிப்பட்டையின் பக்கவாட்டத்தினின்று, ஒளி மீண்டும் வரும் திக்கை நோக்கிக்கொண்டவாறே, பற்சக்கரத்தின் சுழற்று வேகத்தை படிப் படியாய் அதிகரித்துக்கொண்டே வந்தோமாயின், அது ஓரளவான வேகத்துடன் சுழலும்போது ஒளிவராமல் தடைப்படுதலை அறியலாம்: ஆரம்பத்தில், பற்சக்கரம் சுழற்றப்படும் வேகம் அதிகமாயில்லாதபோது, ஒளி மீண்டும் வருவதற்குள், சந்திருந்த நிலைமைக்கு பல் வர நேரமிருக்காது. அதனால் ஒளி, காணப்பட்டு வரும். பிறகு, சுழற்சி வேகம் அதிகமாகும்போது, சந்து பல்லிருந்த நிலைமைக்குவர நேரமிருக்கும். ஒளி காணப்படாது. கண்ணாடிப்பட்டைக்கும் நிலைக்கண்ணா டிக்குமான தூரம் 5 மைல்கள் எனவும், பற்சக்கரத்தில் 720 பற்கள் இருந்தன எனவும், ஒளி தடைப்பட்ட நிலைமையில், சக்கரம், நிமிஷத்திற்கு 774 சுழற்சிகள் என்ற வேகத்துடன் சுழன்றுகொண்டிருந்தது எனவும். அளவிடப்பட்டது, எனக்கொள்வோம். ஒளி சென்று வந்துள்ள தூரம், 10 மைல்கள். அதற்கான நேரம் $\frac{60}{2\times720\times774}$ ஸெகண்டுகள். ஆகவே, ஒளியின் வேகம், ஸெகண்டிற்கு, $\frac{10\times2\times720\times774}{60}=1,87,560$ மைல்கள். இம்முறையை யொட்டியும் வேறு பல முறைகளை யொட்டியும், ஒளியின் வேகம் அளவிடப்பட்டுள்ளது. ரேடியோ அலைகள் செல்கின்ற வேகமும் அளவிடப்பட்டுள்ளது. அதுவும் ஒளி செல்லும் வேகத்தினளவாகவே யுள்ளது. ரேடியோ அலைகள் எழுப்பப்படற் கான முறை, மின்காந்தவியக்கவியலை யொட்டியே யானது. ஆதலின் அவை மின்காந்தவியலானவை என்பதில் ஐயமில்லை. அவை செல்லும் வேகத்தளவே யானதொன்றுடன் செல்லும் ஒளியலைகளும் மின்காந்தவியலினவே, என, ஐயந்திரிபுறக் காட்டப்பட்டது.

ஒளியலைகள் எவ்வாறு உண்டாகின்றன என்பதைக் கவனிக்கலாம். எல்லாப் பொருள்களின் அணுக்களும், முறையே, புரோட்டான்களாலும் எலக்ட் ரான்களாலும் தக்கவாறு பொருத்தப்பட்டவை, என, முன் அத்தியாய மொன்றில் கூறியுள்ளோம். தொண்ணூற்றிரண்டு அடிப்பண்டங்கள் உள்ளன

எனவும் அறிவோம். ஒவ்வொருவகை அடிப்பண்டத்தின் அணுவும், முறையே, அதற்கென்றுள புரோட்டான் தொகையையும், எலக்ட்ரான் தொகையையும்கொண்டது. ஹைட்ரஜன் அணுவின் நியூகளியஸில் ஒரு புரோட்டான் உள்ளது. அதை வட்டமிட்டுக்கொண்டு, ஒரு எலக்ட்ரான் உள்ளது. யூரேனியம் அணுவின் நியூக்ளியஸில் தொண்ணூற்றிரண்டு புரோட்டான்களும், நியூக்ளியஸுக்கு வெளியே தொண்ணூற்றிரண்டு எலக்ட்ரான்களும் உள்ளன. மற்ற அடிப்பண்ட அணுக்கள், முறையே, ஒன்றுக்கும் தொண்ணூற்றிரண்டுக்கும் இடைப்

ஒளியுண்டாகும் வழி



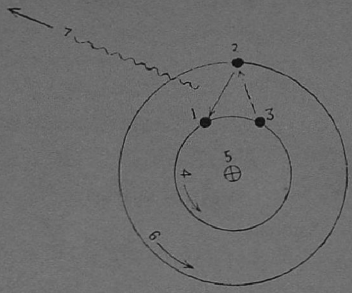
படம் 220

ஸ்டராஞ்சியம் அணுவின் அமைமுறை.

1. ஐந்து குவாண்டங்களைக்கொண்ட இரண்டு எலக்ட்ரான்கள். (ஐந்தாம் கோளகை)
2. நடுமுதல் (Nucleus).
3. நான்கு குவாண்டங்களைக்கொண்ட எட்டு எலக்ட்ரான்கள்—நான்காம் கோளகை.
4. இரண்டு குவாண்டங்களைக்கொண்ட எட்டு எலக்ட்ரான்கள்—இரண்டாம் கோளகை.
5. ஒரு குவாண்டங்கொண்ட இரண்டு எலக்ட்ரான்கள்—முதல் கோளகை.
6. மூன்று குவாண்டங்களைக்கொண்ட பதினாறு எலக்ட்ரான்கள்—மூன்றாம் கோளகை.

பட்ட எண்ணினவான புரோட்டான்களையும் எலக்ட்ரான்களையும் கொண்டவை. ஒரு அணுவிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் எல்லாம் நியூக்ளியஸிலிருந்து ஒரே தூரமான வாறு ஒரே தொகுப்பாய், அதை வட்டமிட்டுக்கொண்டிருப்பவை அன்று. ஒவ்வொரு தொகுப்பும், முறையே, வட்டமிட்டுக்கொண்டுள்ள வளைப்பாதைகள், அவற்றின் 'கோளகைகள்' (ஆர்பிட்டுகள்-Orbits) எனப்படுகின்றன. இஸ்டி

ராஞ்சியம் (**Strontium**) என்ற அடிப்பண்டத்தின் அணுவைக் கவனிக்கலாம். அதன் நியூக்ளியஸில் முப்பத்தெட்டு புரோட்டான்கள் உள்ளன. எனவே, அவ்வணுவில் முப்பத்தெட்டு எலக்ட்ரான்கள் இருத்தல்வேண்டும். அவற்றில் இரண்டு, நியூக்ளியஸை அடுத்துள்ள கோளகையில் வட்டமிடுகின்றவை. இரண்டாவது கோளகையில் எட்டும், மூன்ருவதில் பதினெட்டும், நான்காவதில் எட்டும், ஐந்தாவதில் இரண்டும், முறையே, வட்டமிடுகின்றன. எனவே, ஐந்து தொகுதிகள் உள்ளன. சாதாரண நிலைமையில், எலக்ட்ரான்கள் அவ்வாறு அமைந்திருப்பவை; எப்போதும் அவ்வாறேயிருத்தல்வேண்டும் என்றில்லை. எலக்ட்ரான் ஒன்று, ஒரு கோளகையினின்று மற்ருென்றுக்குத் தாவலாம். அப்படி, சில, தாவி அமையுறலையொட்டி, ஒரு கோளகையில் வட்டமிடும் எலக்ட்ரான்களின் தொகை, சாதாரணபோதானதைவிட அதிகமாகலாம்; இன்ஞென்றில் குறைவாகலாம். அவ்வாறு ஏற்படும் எலக்ட்ரான் தொகை வேறுபாடுகள் எவ்வாருகவேனும் இருக்கமுடியாது. ஒரு விதியை யொட்டியே அவை ஏற்படுபவை. எந்நிலைமையிலும், ஒவ்வொரு கோளகையிலும்



படம் 221

எலக்ட்ரான் தாவலையொட்டி ஒளியுண்டாகும் முறை.

1. எலக்ட்ரான் தாவலுககுமுன்.
2. ,, தாவிய பின்.
3. அங்கிருந்து வந்த எலக்ட்ரான் தாவிய பின்.
4. உட் கோளகை.
5. நியூக்ளியஸ்.
6. வெளிக் கோளகை.
7. வெளிப்படும் மின்காந்த அலை.

அதனதற்கென்ருனதோரு தொகையைவிட அதிகமாய் எலக்ட்ரான்கள் இருக்க முடியாது. இஸ்டிராஞ்சியம் அணுவில், நான்காவது கோளகையிலிருந்து

ஐந்தாவதுக்கு எலக்ட்ரான்கள் தாவலாம். அப்படி ஒரு எலக்ட்ரான்தாவும் போது, தனது மறுமின்னேற்பை நியூக்ளியஸின் இடமின்னேற்பு கவர்ச்சி செய்வதையொட்டிய வலிமையை எதிர்த்துக்கொண்டு, தாண்டவேண்டும். எனவே, உட்கோளகை யொன்றினின்று வெளிக்கோளகை யொன்றினுக்கு தாவவேண்டுமாயின், கவர்ச்சி வலிமையை எதிர்த்து வேலை செய்யப்படல் வேண்டும். அவ்வேலை செய்யப்படுவதற்கான சக்தி அணுவுக்கு வெளியே யிருந்து ஆற்றுவிக்கப்படல்வேண்டும் வெளிச்சக்தியால் அணுவொன்று தக்க வாறு கிளர்ச்சி செய்யப்பட்டபோது, எலக்ட்ரான்கள் தக்கவாறு ஒரு கோளகை யிலிருந்து மற்றென்றினுக்குத் தாவுகின்றன, அப்படி, எலக்ட்ரான் ஒன்று உட்கோளகையினின்று வெளிக்கோளகைக்குத் தாவி அமைந்தபோது, அது தாவுவதற்கென வெளியேயிருந்து செய்யப்பட்ட வேலையினளவினதான சக்தி அவ்வெலக்ட்ரானில் மறைந்திருக்கும். அதனால், அதன் தற்செல்வச் சக்தியினளவு (பொடன்ஷியல் எனர்ஜியளவு) அதிகமாகும். அதுவிருந்த கோளகைக்கு, வெளிக் கோளகையிலிருந்து ஒரு எலக்ட்ரான்தாவும். அதின் தற்செல்வச் சக்தியினளவு குறையும். அப்படிக் குறையுமளவான சக்தி இயக்கவகைச் சக்தியாய் (துதத்தகவுச்சக்தி அல்லது கைனடிக்எனர்ஜி) மாறுகின்றது. அதனளவு, எலக்ட்ரானொன்று ஒரு கோளகையிலிருந்து மற்றொன்றிற்குச் செல்லும்போது ஏற்படும் தற்செல்வச் சக்தியளவு வேற்றுமையினதாயிருக்கும். எனவே அணுவின் மொத்தச் சக்தியளவு மாறாதுள்ளது. வெளியேயிருந்து செலுத்தப்பட்ட சக்தி, எலக்ட்ரான் ஒன்றின் இயக்கச்சக்தியானவாறு அணுவினின்று மீள்கின்றது. அது மின்காந்த அலையானவாறு அணுவினின்று வெளிப்படுகின்றது. இம்முறையையொட்டி மற்ற அணுக்களிலும் கிளர்ச்சி செய்யப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் தக்கவாறு தாவுதலின் விளைவாய் மின்காந்த அலைகள், முறையே, நுந்தப்படுகின்றன. எலக்ட்ரான் தாவலை இன்னும் சற்று கவனிப்போம். அது ஐந்தாவது கோளகையிலுள்ளபோது, அதன் சக்தி ஓரளவாயுள்ளது. அது நான்காவது கோளகையில் குதித்துள்ளபோது, அதன் சக்தி வேறோரளவாயுள்ளது. அது துள்ளிக் குதித்ததால் விளைந்த அலையின் சக்தியளவு, எலக்ட்ரானின் இருநிலைமைச் சக்திகளின் வேற்றுமையினதாயிருத் தல்வேண்டும். எலக்ட்ரான் ஒன்றின் தற்செல்வச்சக்தியினளவு வேறுபடல் என்பதும், அதனளவான இயக்கச் சக்திவிடுபட்டு மின்காந்த அலை வெளிப்படல், என்பதும், உடங்கான நிகழ்ச்சிகள். சக்தி வேறுபாட்டினளவுகள் திட்ட மானவை. சோதனை முறையையொட்டி பெறப்பட்ட இம்முடிவு, சென்ற நூற்றாண்டின் தெரியற் செய்கையோர் நிறுவியவிதி முறையையொட்டியவாறு சக்தியின் தன்மையைப்பற்றியான கொள்கையுடன் முரண்பட்டதாய் இருந்தது. அவ்விதி முறையையொட்டி, சக்தி மாற்றங்கள் இடையறாதவாறு ஏற்படுவன எனக் கொள்ளப்பட்டிருந்தது. அதாவது, சக்தியளவு வேறுபாடுகள், கீழ்வரம் பின்றி, எவ்வளவு நுட்பமாகவேனும் இருக்கலாம் என எண்ணப்பட்டது. ஒரு

பொருளுக்கான அதிநுட்பமான நிறை, அணுவினதைவிடக் குறைந்திருத்தல் இயலாது என கொள்ளப்பட்டிருந்தது ; அதிலேற்படும் சக்தி வேறுபாடுகளின் நுட்பளவு எவ்வளவு குறைவாகவேனும் இருக்கலாம், என, கொள்ளப் பட்டிருந்தது. மேற் கூறப்பட்டவாறான சோதனை முடிவும், இன்னும் பல தெரியற் செய்கை விளைப்பாடுகளை யொட்டிய சோதனை முடிவுகளும் சக்தியை யொட்டிய அக்கொள்கைக்கு முரண்பட்டவாறிருந்தமையின், அக்கொள்கை யைத் திருத்தி அமைக்கவேண்டியதாயிற்று. நிறையளவு வேறுபாடுகள் எவ்வாறு வரையறையானதொரு நுட்பவளவின் மன்மடங்குகளாகவே (மல்டி பிள்களாகவே) நிரலாகின்றனவோ, அவ்வாறே சக்தியளவு மாற்றங்களும் திட்ட மானதொரு நுட்பவளவின் மன் மடங்குகளாகவே, ஒப்புரவாகின்றவை, என்ற கொள்கை நிறுவப்பட்டு, தெரியற் செய்கையோர்கள் எல்லோராலும் ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டது. அதற்கு 'கொத்தந்தனையீடியல்' கொள்கை (குவாண்டம் தியரி-**Quantum Theory**) என்று பெயர்.

மின்னேற்புகள் துடிதுடித்தலை யொட்டி தூண்டப்படுகின்ற மின்காந்த அலைகள், பல நூறுகளாகவாயினும், பல்லாயிரங்களாகவாயினும், பல்கோடி களாகவாயினும் கூடியுள்ள தனித்தனி ஈட்டங்களாய்த்தோன்றுவன, என, கொத்தந்தனையீடியல் கொள்கையையொட்டி, அறிகிறோம். அவ்வீட்டங்கள் 'கொத்தந்தனையீடுகள்' (குவாண்டா-**Quanta**) எனப்படுகின்றன. கொத்தந் தனையீடு (குவாண்டம்) ஒன்றின் அளவு, அதற்கான துடிதுடிப்பின் துலிதநிரல் மானத்தைப்பொருத்தது. அது, துலிதநிரல் மானத்தை, 6.554×10^{-27} என்ற எண்ணால் பெருக்குவதால் பெறப்படும் எண்ணளவான எர்க்குகள் (**Ergs.**) (10^{-27} என்றால் 1 என்றதின் கீழ் கோடிட்டு, 1. என்றதுடன் 27 சுன்னங்களைப்போடலால், பெறப்படும் பின்ன எண்). அளவு மாறாத, அந்த ஸ்திரயிக்கு (கான்ஸ்டண்டுக்கு-**Constant**), 'எச்' (**h**) என்று பெயர். மெழுகுவத்தி விளக்கிலிருந்து, ஒரு ஸெகண்டில் லக்ஷக் கோடியே கோடி குவாண்டங்கள் வெளிப்படுகின்றன. இவ்வாறு ஒரு செகண் டிற்குள் கோடானுகோடிக் கணக்காய் குவாண்டங்கள் வருகின்றமையின் ஒளி இடையறாது வந்துகொண்டுள்ளவாறே காணப்படுகின்றது ; ஒளியலைகள் விட்டு விட்டு வருகின்றனவாகவும், ஒளி நின்றுநின்று உண்டாகின்றதாகவும் நமக்குப் புலப்படுவதில்லை.

கொத்தந்தனையீடியல் கொள்கை.

இனி, எலக்ட்ரான் தாவலையொட்டி மின்காந்த அலை உண்டாவதை மீண்டும் கவனிப்போம். தனியணுவொன்றில் தனி எலக்ட்ரான் ஒன்றைக் கிளர்ச்சி செய்வதாகக் கூறினோம். அவ்வாறு கூறியது மின்காந்த அலை பயத்தப் படற்கான முறை எவ்வாறானது என்பதைக் குறிப்பிடவேயாம். செயல் முறை யையொட்டி தனித்ததோர் அணுவை விகுதியாய்க் காணல் இயலாது.

அதிலுள்ள எலக்ட்ரான் ஒன்றை மட்டும் கிளர்ச்சி செய்தல் என்பதும், நடவாத காரியம். பல் கோடானுகோடிக் கணக்கான அணுக்களிலுள்ள பல் கோடானு கோடிக் கணக்கான எலக்ட்ரான்களின் தாவல்களை யொட்டி பல் கோடானு கோடி மின்காந்த அலைகள் உண்டாகின்றன. அவை $\frac{1}{60,000}$ அங்குலத்திற்கும், $\frac{1}{30,000}$ அங்குலத்திற்கும் இடையான அலை நீளங்களானவையாயிருந்து, நம் கண்ணில் விழநேரிடின், நம்மில் ஒளியுணர்ச்சி யுண்டாகும். எலக்ட்ரான் ஒன்று, ஒரு கோளகையிலிருந்து (ஆர்பிட்டிலிருந்து) மற்றொன்றிற்குத் தாவும் போது, தற்செல்வச் சக்தி (பொடன்ஷியல் எனர்ஜி) அலையியக்கச் சக்தியாய் மாறுகின்றது, எனவும், வெளிச் சக்தியால் கிளர்ச்சி செய்யப்பட்டு வெளிவாட்டக் கோளகைக்குக்தாவும் எலக்ட்ரானின் தற்செல்வச் சக்தி அதிகமாகின்றது, எனவும் கூறினோம். அவ்வாறான சக்தியியல் வேறுபாடுகள், தக்க இடைப்போதுகளில், முறையே நடைபெறுகின்றன. எலக்ட்ரான்கள் தாவலே, அவற்றின் துடிப்புகள். அத்துடி துடிப்புகளை யொட்டி மின்காந்த அலைகள் உண்டாகின்றன. சக்தியளவு வேறுபாடுகள், 'குவாண்டம்' என்ற வரையறையளவின் மன்மடங்குகளாய் (மல்டிபிள்களாய்) இருத்தல்வேண்டும். எனவே, ஒரு மின்காந்த அலைக்கான சக்தி ஒரு குவாண்டமாயிருத்தல்வேண்டும். அதன் அளவு $6{\cdot}554\times10^{-27}$ என்ற எண்ணை, துடி துடிப்பின் துலிதகிரல்மானத்தால் பெருக்குவதால் பெறப்படும் எண்ணளவான எர்க்குகள் என அறிவோம். ஆதலின், அம்மின்காந்த அலை திட்டமானதொரு துலிதகிரல்மானத்தினதாய் இருத்தல் வேண்டும். அலை செல்லும் வேகம், ஸெகண்டிற்கு 186,300 மைல்கள் எனத் திட்டமானது. எனவே, அலை நீளமும் திட்டமானதாயிருக்கும். அணுவொன்றில், வேறு பல எலக்ட்ரான்கள், முறையே வேறு பல கோளகைகளினிடையும் தாண்டிக்கொண்டிருக்கலாம். அவற்றை யொட்டி, முறையே, வேறு பலவளவுகளாயான அலை நீளங்கொண்ட அலைகளும் உண்டாகலாம்.

இஸ்டிராஞ்சியம் (**Strontium**) அணுவைக் கவனிப்போம். ஐந்தாவது கோளகையிலிருந்து நான்காவது கோளகைக்கு (ஆர்பிட்டுக்கு) எலக்ட்ரான் ஒன்று தாவலையொட்டி, ஒரு குவாண்டவளவான சக்தி மின்காந்த அலையாய் வெளிப்படுகின்றது. ஐந்தாவது கோளகையிலிருந்து மூன்றாவதுக்குத் தாண்டுவதை யொட்டி இரண்டு குவாண்டங்களினளவான சக்தி மின்காந்த அலையாய் அமையும். ஐந்தாவது கோளகையிலுள்ள எலக்ட்ரானுக்கும், மூன்றாவது கோளகையிலுள்ளதற்குமான தற்செல்வச் சக்தி (பொடன்ஷியல் எனர்ஜி) வேற்றுமையினளவு, ஐந்தாவதற்கும் நான்காவதற்குமானதைவிட அதிகமாயிருக்கும். ஆதலின் அதை யொட்டிய குவாண்டத்தினளவும் வேறுபடும். இவ்வாறு ஓர் அணுவிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள், முறையே, பல பத்திகளில் தாவலாகின்ற மையின், பலவளவான நீளங்களுடனுள்ள அலைகள் உண்டாகலாம். கோளகைக்

ருக் கோளகை, தற்செல்வச் சக்தி வேறுபடுமளவுகள், முறையே, கோளகைகளின் குறுக்களவுகளையும், நியூக்ளியஸிலுள்ள புரோட்டான்களின் தொகையையும் பொருத்து இருப்பன. ஓர் அடிப்பண்ட அணுவின் பாற்பட்ட கோளகைகளின் குறுக்களவுகள், முறையே மற்றொன்றின் பாற்பட்டவற்றின் குறுக்களவுகளினின்று வேற்றுமையானவையாய் இருப்பன.

மின்காந்தக் கதிர்வீச்சு வகைகள்.

பலவகை அடிப்பண்டங்கள் பாற்பட்ட புரோட்டான்கள் தொகைகளும், முறையே, ஒன்றினின்றொன்று வேற்றுமையானவை. எனவே, ஓரடிப் பண்டத்தின் பாற்பட்ட மின்காந்த அலைகளின் நீளங்கள், முறையே, மற்ற எல்லாவற்றின் பாற்பட்டவற்றினின்றும் வேறுபட்ட அளவினவாயிருப்பன. ஒவ்வொரு வகை அடிப்பண்ட அணுக்களும், கிளர்ச்சியுற்றபோது, எழுப்பப் படுமாறான மின்காந்த அலைகள், முறையே, அவ்வவ்வடிப் பண்டத்தின் பாற்பட்ட அலை நீளங்களானவையாய் இருப்பன, என, அறிகிறோம். அவ்வாறான அலைகளில் $\frac{1}{60,000}$ அங்குலத்திற்கும் $\frac{1}{30,000}$ அங்குலத்திற்கும் இடைப்பட்ட நீளமானவை, ஒளியுணர்ச்சியை யுண்டாக்குபவை. அவை 'ஒளியலைகள்' எனப்படுபவை. $\frac{1}{60,000}$ அங். முதல் $\frac{1}{50,000}$ அங். வரை-ஊதாவும், நீலமும்; $\frac{1}{50,000}$ அங். முதல் $\frac{1}{45.000}$ அங். வரை,-பச்சை; $\frac{1}{45,000}$ அங். முதல் $\frac{1}{42,000}$ அங். வரை-மஞ்சள்; $\frac{1}{42,000}$ அங். முதல் $\frac{1}{30,000}$ அங். வரை-சிவப்பு என்றவாறு அலை நீளங்களை யொட்டி, பலநிற ஒளிகள் உண்டாகின்றன. அந்நிறங்கள் தக்கவாறு ஒருங்கேயமையுறலை யொட்டி வெண்ணிற உணர்ச்சி ஏற்படும்.

எலக்ட்ரான்கள் துடிதுடித்து ஒளியை விளைவிக்கின்றன, என அறிந்தோம். எலக்ட்ரான்கள் துடிதுடிப்பதற்கென, அணுக்களைக் கிளர்ச்சி செய்தல் வேண்டும். திடப்பொருளைச் சூடாக்கினால், அதன் மூலத்துகள்களின் இயக்கச் சக்தி அதிகமாகின்றது. வெப்பநிலை ஓரளவைவிட அதிகமாகும்போது, மூலத்துகள்களின் மோதுதல்கள் அதிகப்பட்டு, அணுக்கள் கிளர்ச்சி யுறுகின்றன. அக்கிளர்ச்சியை யொட்டி, அணுக்களே துடிதுடிக்கலாகின்றன. அதைப் பொருத்தவாறு எலக்ட்ரான்களும் துடிதுடிக்கின்றன. எனவே, மின்காந்த அலைகள் பயத்தப்படுகின்றன.

ஒளியலைகளும் வெப்ப நிலையும்

எலக்ட்ரான்களின் துடிதுடிப்புத் துலிதகிரல்மானங்கள், அணுக்களின் துடிதுடிப்பை யொட்டிய வரைவு வீச்சையும், அவற்றின் இயக்க வேகத்தையும் பொருத்திருப்பன. எலக்ட்ரான்களின் துடிதுடிப்புத் துலிதகிரல்மானங்களினவாகவே, அவற்றை யொட்டி யுண்டாகின்ற மின்காந்த அலைகளும் இருப்பன. எலக்ட்ரான்களின் துலிதகிரல்மானங்கள் பல அளவினவாய் இருக்கலாம். வெப்பநிலை

உயர்ந்தில்லாதபோது, துலிதநிரல்மானம் குறைந்தவளவாயிருக்கும். அவ்வாறான அலைகள், இமைத்தலிலாச்சிவப்புக் கதிர்கள் (இன்ப்ராரெட்ரேஸ்-**Infra Red Rays**) எனப்படும் சூட்டலைகள். சூடேற்றப்படும் பொருளின் வெப்பநிலை இன்னும் உயரும்போது, அணுக்கள் அதிகமாய்க் கிளர்ச்சியுறுதலை யொட்டி, துலிதநிரல்மானங்கள் அதிகமான ஒளியலைகள் தோன்றுகின்றன. இம்முறையை யொட்டியே நாம் விளக்கேற்றி ஒளியைப் பெறுகிறோம். அவ்வொளி பல துலிதநிரல்மானங்களை யொட்டிய அலை நீளங்களானவையாயிருக்கும். மின்னொளிர் விளக்குகளில் (எலக்ட்ரிக் குளோ லாம்புகள்-**Electric Glow Lamps**) மென்கம்பியொன்று மின்சாரவோட்டத்தை யொட்டி சூடாகி, உயர்ந்த வெப்ப நிலையினதாவதால் ஒளிக் கதிர்கள் வீசப்படுகின்றன. வெப்ப நிலை 500°c, என்றதுக்குக் குறைந்துள்ளபோது, கிளர்ச்சிச் சக்தி முழுவதும் சூட்டலைகளைப் பயத்தலிலேயே செலவாய்விடுகின்றது. 500°c முதல் 600°c வரை, சிவப்பு ஒளியே காணப்படும். கிளர்ச்சிச் சக்தியில் சிறு பங்கு ஒளியலைகளை விளைவிக்கப்பயன்படுகின்றது. வெப்பநிலை 1800°c, என்றானபோது வெண்ணொளித் துலங்குகின்றது. கிளர்ச்சிச் சக்தியில் முன்னானதைவிடச் சற்று அதிக வளவுப்பங்கானது ஒளியலைகளை விளைவிப்பதில் செலவாகின்றது. சாதாரணமான மின்னொளிர் விளக்குகளின் மென்கம்பிகளின் (பிலமண்டுகளின்) வெப்பநிலை, 2000°c இருக்கும். சூரியனது மேற்பரப்பின் வெப்பநிலை 6000°c எனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. வெப்பநிலை அதிகமாக, ஆக, அலைகளின் பாற்பட்ட ஒளிச் சக்திக்கும் அலைகளை யெழுப்பும் கிளர்ச்சிச் சக்திக்குமான வீதம், முறையே, அதிகமாகிவரும்.

எண்ணெய் விளக்குகள்

பண்டைக் காலத்து விளக்குகள், தீவட்டிகள். அவை ஒளியலைகளைக் கிளப்பும் முறையை யொட்டியவையே, பின்னர் ஏற்பட்ட எண்ணெய்-திரி விளக்குகள். அவற்றில், ஹைட்ரஜனும் கார்பனும் ஐக்கியமான பொருளொன்று காற்றில் எரியவிடப்படும். 'எரிதல்' என்ற நிகழ்ச்சி, ஒரு பொருளுடன் காற்றிலுள்ள ஆக்ஸிஜன் ஐக்கியமாவதை யொட்டிய 'ஆக்ஸிடேஷன்' என்ற செய்பநிரலாம் (புரோஸஸ்). முதலில், திரி கொளுத்தப்பட்டு, சற்று சூடாய் ஆகின்றது. அது தோய்க்கப்பட்டுள்ள எண்ணெய்ப் பதார்த்தத்தில் சிறு பகுதி ஆவியாகின்றது. ஆவியில் ஒரு பகுதி எரிந்து கார்பன்டை ஆக்ஸைடாயும் நீராவியாயும் ஆகின்றது. அச்சூடு உறைத்து எண்ணெய்ப் பகுதியொன்று ஆவியாகி, ஹைட்ரஜனாகவும், கார்பன் தூளாகவும் சிதிலமாகின்றது. (டீகம்போஸ் ஆகின்றது) ஹைட்ரஜன் ஆக்ஸிஜனுடன் ஐக்கியமாகி, நீராவியாயாகின்றது. கார்பன் அணுக்கள் சூட்டை யொட்டிக் கிளர்ச்சியுற்று, சிவப்பு-மஞ்சள்-பிங்கலம் என்ற நிறங்களுக்கான ஒளியலைகளை விளைவிக்கின்றன. திரியின் வழியே எண்ணெய் ஏறிவந்துகொண்டேயிருக்கின்றமையின், மேற்கூறியவாறான செய்

படு கிரல்கள், தடைப்படாமல் நடந்தேறி வருகின்றன; விளக்கு எரிந்துகொண்டிருக்கும். அதன் ஒளி மஞ்சளாயிருக்கும்.

அலைநீள வேற்றுமையை யொட்டி ஒளிகள், முறையே, பல் வேறான நிறங்களை யொட்டிய உணர்ச்சியைத் தருகின்றன. ஏகவண்ணவொளி (மானேக்ரோமாடிக் லைட்-**Monochromatic Light**) என்பது, ஒரேயொரு அளவான அலை நீளத்துடனுள்ள ஒளி. அணுக்கள் கிளர்ச்சி செய்யப்பட்டு, மின்காந்த அலைகள் பயத்தப்படும்போது, பலவளவு நீளங்களான அலைகள் எழுப்பப்படுகின்றன, எனக் கூறியுள்ளோம். அவ்வலைகள் சேணுடங்கு பாடாகின்றன. (ஸூபர்போஸாகின்றன). அவ்வலைகள் ஒவ்வொன்றையும் யொட்டியான நிறங்கள் தனித்தனியானவாறு காணப்படுவதில. எல்லாம் கலந்துள்ள பொது நிறமொன்று தோன்றும். பொது நிறமான அவ்வொளியை தக்க கருவிகளைக் கொண்டு பகுத்து, அதில் எவ்வெவ்வளவு நீளங்களான அலைகள் உள்ளன, என்பதை, அறியக்கூடும். நாம், சாதாரணமாக, ஒரு நிறத்தினதாகக் காணும்

பலநிற ஒளிகள்

வஸ்துவொன்றினின்று வரும் ஒளி அந்நிறத்தை யொட்டியான அலை நீளங்களானதாயிருப்பதால், அந்நிறத்திற்கான உணர்ச்சி ஏற்படுகின்றது. அவ்வாறு ஒரேயொரு நிறத்தினது எனக் கருதப்படும் ஒன்று கூட, பல நீளங்களான அலைகளின் தொகுப்பொளியேயாம். அவை, ஓரெல்லைக்குள் அடங்கிய அலை நீளத்தினவாயிருந்தால் அந்நிறவுணர்ச்சியைத் தருகின்றன. $\frac{1}{60,000}$ அங். முதல் $\frac{1}{50,000}$ அங். வரையானவை, ஊதா-நீலம் என்ற நிற உணர்ச்சியைத் தருபவை; $\frac{1}{35,000}$ முதல் $\frac{1}{30,000}$ அங். வரையானவை சிவப்பு நிறத்தை யொட்டியவை. இன்னும் பல நிறங்களும், அவ்வாறே, தக்க அலை நீள எல்லைகளினுள், முறையே, அடங்கியவை. எல்லா நிறங்களும் சேர்வானது, வெண்ணொளி.

எண்ணெய்-திரி விளக்கை மீண்டும் கவனிப்போம். வெப்பநிலை 500°c என்றானபோது, நீளமதிகமான செவ்வொளியலைகளே பயத்தப்படுகின்றன. வெப்பநிலை அதிகமாக, ஆக, ஆரஞ்சு, மஞ்சள், பச்சை, நீலம், ஊதா, வயலட்டு என்ற நிறங்களை யொட்டியான அலைகளும், முறையே, தோன்றுகின்றன; பல நிறங்கள் சேர்வான 'இழைக்கை' (காம்பவுண்டு-**Compound**) ஒளியின் நிறம், முறையே, வேறாகி வரும். எண்ணெய் விளக்குகளினது அனலின் வெப்பநிலை, 800°c என்றதுக்குமேல் ஏறுவதில்லை. ஆதலின், நீலம்-ஊதா-வயலட் என்ற நிறங்களுக்கான அலைகள் அதிகமாய் உண்டாவதில்லை. விளக்கின் ஒளி, மற்றவற்றின் இழைக்கை நிறமான மஞ்சளாயிருக்கும்.

எண்ணெய் விளக்குகளில், வெப்பநிலை 800°c என்றதற்கு அதிகமாய் என் உயர்வதில்லை, என்பதற்கான காரணத்தைக் கூறலாம். குறித்த ஓரளவான எண்ணெய் எரிக்கப்படுவதால் விளைவிக்கப்படும் சூட்டுச் சக்தியினளவு திட்டமானது.

எண்ணெய் விளக்குகளில் வெப்பநிலை 800°c என்றதைவிட அதிகமாய் ஏன் உயர்வதில்லை?

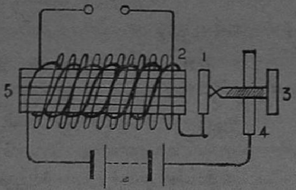
அச்சக்தி, கார்பன் அணுக்களைக் கிளர்ச்சி செய்வதிலும். காற்றையும் மற்ற வாயுக்களையும் சூடாக்குவதிலும், செலவாகின்றது. கார்பன் அணுக்களைக் கிளர்ச்சி செய்வதற்கென ஓரளவுச் சக்தி வேண்டப்படும். அதுபோக, மீதியானதே காற்றையும் வாயுக்களையும் சூடாக்கப்பயன்படுவது. அதைக்கொண்டு, அவற்றை ஓரெல்லைவரையான வெப்பநிலைக்கே சூடாக்கலாம். எனவே ஒளியலைகள் பயத்தப்படவேண்டியதற்கான விளக்குகளின் வெப்பநிலை ஓரெல்லை அளவைவிடக் குறைந்தேயிருக்கும். கார்பன் அணுக்கள் கிளர்ச்சி செய்யப்படாவிடின், ஒளியலைகள் உண்டாகா. அவ்வணுக்களைக் கிளர்ச்சி செய்தற்கென செலவிடப்பட்ட சக்தியைக்கொண்டு, காற்றையும் மற்ற வாயுக்களையும் முன்னனதைவிட அதிக வெப்பநிலையானவாறு சூடாக்கல் இயலும். ஆனால், அவ்வழியே அனலின் வெப்பநிலையை உயர்த்தலாமேயன்றி, ஒளியைப்பெறல் இயலாது. மிக அதிகமான வெப்பநிலையானபோதே, வாயு மூலத்துகள்கள் கிளர்ச்சி செய்யப்படலாதலை யொட்டி ஒளியலைகள் உண்டாகக்கூடும். அவ்வளவு அதிகமான வெப்பநிலைக்கு உயர்த்தல் என்பது, செயல் முறையை யொட்டி இயன்றதொன்றன்று. வாயுக்கள் மின்சார முறையை யொட்டி கிளர்ச்சி செய்யப்பட்டு அவற்றினின்று ஒளியலைகள் பயத்தப்படுகின்றன.

ஒளியலைகள் உண்டாகாவாறு, எண்ணெய்களை எரித்து வெப்பநிலையை உயர்த்தலாம், என்ற முறையை யொட்டி பிரைமஸ் சுல்லிகள் (பிரைமஸ் ஸ்டவ்வுகள்-**Primus Stoves**) முதலானவை அமைக்கப்படுகின்றன. அவ்வடுப்பில் எண்ணெய்க்கலம் அடைக்கப்பட்டு, அதனுள் காற்று ஏற்றப்படுகின்றது. (பம்பு செய்யப்படுகின்றது). ஸ்டவ்வின் மற்றொரு பகுதி பழுக்கக் காய்ச்சப்படுகின்றது. கொள்கலத்தில் காற்றேற்றாகியுள்ள எண்ணெய், மெல்லிய குழாயொன்றின் வழியே யேறி வந்து சூடாக்கப்பட்ட பகுதியை அடைகின்றது. ஆங்கு சேர்ந்தவுடன், அது ஆவியாய் மாறி காற்றில் எரிகின்றது. எண்ணெயிலுள்ள கார்பன் எல்லாம் கார்பன்டை ஆக்ஸைடாய் மாறிவிடுகின்றது. கார்பன் தூள்படிவதில்லை. கிளர்ச்சி செய்யப்படற்கான கார்பன் அணுக்கள் இல்லாமையின் ஒளியலைகள் பயத்தப்படமாட்டா.

ஸ்டவ்வுகளும் சுடர்க்கவி விளக்குகளும் (மான்டில் விளக்குகளும்.)

கார்பன் அணுக்களை கிளர்ச்சி செய்தற்கென செலவிடப்பட்ட சக்தியும் சூட்டை விளைவிக்கப் பயன்படுகின்றது; சூட்டுச் சக்தியின் அளவு அதிகமாகின்றது; வெப்பநிலை உயர்கின்றது. எண்ணெயின் ஆவி ஒருவகை இளநீல நிறமான அனலாய் எரிகின்றது; அது ஒளி குறைந்தது. வெப்பநிலை

அதிகமான ஒளி குறைந்த அனலைக்கொண்டு வெண்டணலின் ஒளியைப்பெறும் வகை கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. கார்பன் தூள்களைக்கொண்ட புகை கலவாத அந்நீல அனலின்மீது, சுடர்க்கவி (மாண்டில்-Mantle) எனப்படும் மெல்லிய வலைக்கூடு ஒன்று வைக்கப்படுகின்றது. சுடர்க்கவி (மாண்டில்) பின்வருமாறு செய்யப்படுவது. ஆர்வெவில்குநூலால் மிக நெருக்கமான கண்களுடனுன சிறு வலைப்பை யொன்று பின்னப்படுகின்றது. 90 சதவீதம் தோரியம் நைட்ரேட்டும், ¾ சதவீதம் ஸீரியம் நைட்ரேட்டும், எஞ்சிய வீதத்திற்கு பெரிலியம்-கால்ஷியம்-மக்னீஷயம் நைட்ரேட்டுகளும் சேர்வான கரையத்தில் அவ்வலைப்பை தோய்த்தெடுக்கப்படுகின்றது ; மடிப்புகள்விழாவாறு உலர்த்தப்படுகின்றது.



படம் 222

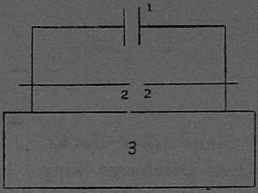
இயக்கப்புரிச்சுருள் Induction Coil.

1. தட்டிடம்.
2. பிரதம்ச்சுருள்.
3. திருகு.
4. மின்னோட்டம் செல்லிடம்:
5. இரும்புக் கம்பிகள்.

அதன்பிறகு ஒருவகையான ஸெல்யூலாயிட் கரையத்தில் தோய்த்தெடுக்கப்பட்டு மீண்டும் உலர்த்தப்படுகிறது. சுடர்க்கவி (மாண்டில்) உபயோகிக்கப்படும் வரை, உறுதியாய் இருப்பதற்காகவே, அது ஸெல்யூலாயிட் கரையத்தில் தோய்க்கப் படுகின்றது. சுடர்க்கவியை (மாண்டிலை), ஸ்டவ்வின் நீல அனலின்மீது பொருத்தியவுடன், ஸெல்யூலாயிட் படலம் எரிந்துபோகும். சுடர்க்கவி வெண்ணிற ஜோதியுடன் பிரகாசிக்கும் அவ்வாருன விளக்கின் வெளிச்சம் கண் கூசும்படி வீசப்படும், என, எல்லோரும் அறிவர். மின்னொளிர் விளக்குகளைப் பற்றி முன்னரே கூறியுள்ளோம்.

மின்சார சக்தியால் அணுக்களைக் கிளர்ச்சி செய்து, ஒளியலைகளை எழுப்ப லாம். கண்ணாடிக்குழா யொன்றின் இருநுனிகளிலும், முறையே, உலோகச் சில்லிகள் இரண்டு பொருத்தப்படுகின்றன. அச்சில்லிகளுடன், முறையே, வெளிச் செல்லும் கம்பிகள் இரண்டு பொருத்தப்படுகின்றன. குழாயின் நுனிகள் அடைக்கப்படுகின்றன. அது வெற்றிடமாக்கப்படுகின்றது. வெற்றிட மாயினும், அதில் ஏராளமான மூலத்துகள்கள் உள்ளன எனக் கூறியுள்ளோம்,

வெளியே வந்துள்ள கம்பிகளின் நுனிகள், முறையே, மின்னுகைப் புத்தரம் மிக்கதான (வோல்டேஜ் அதிகமான) மின் மூலமொன்றின் இருமின் நுதிகளுடன்



படம் 223

ஆவி விளக்கில் மின்சாரம் செலுத்தும் விதம்.

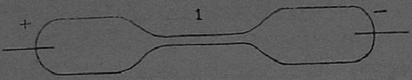
1. ஆவி விளக்கு.
2. மின்காந்த இயக்கச் சுருளின் தோடரணவுச் சுருளின். நுனிகள் (**Terminals of the Secondary of an Induction coil.**)
3. மின்காந்த இயக்கச் சுருள் (**Induction coil**).

(போல்களுடன்) பிணைக்கப்படுகின்றன. குழாயின் வழியே மின்சாரம் பாயும். அணுக்கள் கிளர்ச்சியுற்று ஒளியலைகளை விளைவிக்கின்றன. குழாயில் ஒளி தோன்றும். அவ்வொளி, காற்றின் பகுதிகளான நைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் என்ற அடிப்பண்டங்களைப் பொருத்த இயலினதாயிருக்கும். அது, அவ்வாயு வணுக்களை யொட்டிய அலை நீளங்களான ஒளியலைகளைக்கொண்டதாயிருக்கும். குழாயில் தோன்றும் ஒளி, எல்லா நிறங்களின் சேர்வினுலான வெண்ணொளியாயிருக்காது. எலக்ட்ரான்களின் கோளகைத்தாவல்களை (ஆர்பிட்ஜம்புகளை) யொட்டி

வாயுக்களினூடே மின்சார வீட்டம் செலுத்தப்படல்

யுண்டாகும் மின்காந்த அலைகளின் நீளங்கள், அவ்வாயுக்களை யொட்டி வரையறையான சில அளவினவாய் மட்டுமே இருப்பவை. அவ்வலை நீளங்களுக்கான நிறங்களின் சேர்க்கையினுலான நிறத்தினதாய் அவ்வொளி காணப்படும். காற்றைத் தவிர, இன்னும் பல வாயுக்களினூடேயும், ஆவிக்களினூடேயும், மேற்கூறப்பட்ட முறையை யொட்டி, மின்சார வீட்டம் (எலக்ட்ரிக் டிஸ்சார்ஜ்) செலுத்தப்படலாம். அப்போது, அவையும், முறையே, தத்தமக்கான நிறவொளியுடன் மிளிர்கின்றன. நியான்வாயு சிவப்பாய் அலங்குகின்றது; ஹீலியம் வாயு குவளைநிறம் கலந்த வெண்ணிறமாய்த் துலங்குகின்றது. கார்பன்டை ஆக்ஸைட் வாயுவில் அநேக அலை நீளங்களுக்கான அலைகள் உண்டாகின்றன. அது வெண்ணிறப் பொலிவுடன் உள்ளது. நைட்ரஜன் பிங்கல நிறமாய் இலங்கும். பாதரஸவாயு பச்சையும் வயலட்டும் இழைக்கையான பசும் நீல நிறத்துடன் அவிர்கின்றது. ஸோடியம் ஆவி பொன்னிறமாய் மிளிர்கின்றது. மேற்கூறப்

பட்டவாருன 'வாயுவூடெப்பாறல்' (காஸ் டிஸ்சார்ஜ்-Gas discharge) மின் விளக்குகள் புழக்கத்திலுள்ளன. ஆயினும், அவ்வகை விளக்குகளின் ஒளிகள்



படம் 224

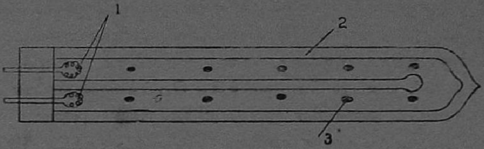
வாயுமின்னுவி விளக்கு.
(Gas Discharge lamp.)

விழலாதலை யொட்டிக் காணப்படுகின்ற பொருள்களின் சுய நிறங்கள் சரிவரப் புலப்படா. ஸோடிய ஆவி விளக்கினொளியில் பொன்னிறச் சேலை வெண்ணிற மாய்க் காணப்படும். சிவப்புச் சேலையும் நீலச் சேலையும் கருஞ்சாம்பல் நிறமாய்த் தோன்றுவன. பாதரஸ ஆவி விளக்கினொளியில் நீலமும் பச்சையும் வெண்ணிற மாய்க் காணப்படுவன. சிவப்பும் பொன்னிறமும் வெண்சாம்பல் நிறத்தோற்றத் தினவாய் ஆகின்றன. நிறத்தை யொட்டியபோது,' 'காஸ்டிஸ்சார்ஜு' விளக்கு கள் ஏமாற்றத்தை விளைவிப்பவை.

'வாயுவூடெப்பாறல்' முறையை யொட்டி எழுப்பப்படும் ஒளியலைகள், எலக்ட் ரான்களின் தாவல்களால் விளைந்தவை. அவை, அத்தாவல்களைப் பொருத்த மட்டுமான அலை நீளங்களுடன் இருப்பவை. அவ்வலை நீளங்களுக்கான நிறங்கள் மட்டுமே, அவ்வொளிகளில், முறையே, இருப்பன. வெப்பநிலையுயர்வதால் திடப்பொருள் அணுக்கள் கிளர்ச்சி செய்யப்பட்டபோது ஏற்படுகின்ற மின்காந்த அலைகள், அணுக்களை பியைந்தவாறு எலக்ட்ரான்கள் துடிதுடிப்புறலை யொட்டி விளைந்தவை. அவற்றின் அலை நீளங்கள் பல வளவினவாக இருக்கலாம். வெப்பநிலை அதிகமாயுள்ளபோது, அணுக்கள் பல துலிதநிரல்மானங்களுடன் துடிதுடிக்கின்றன. ஆதலின் சிவப்பிலிருந்து ஊதாவரையிலுமான நிறங்களை யெல்லாம் யொட்டிய அலை நீளங்கள் எவ்லாம் பயத்தப்படுகின்றன. வாயுவணுக் களில் சூட்டையொட்டி ஏற்படும் துடிதுடிப்புகளின் துலிதநிரல்மானங்கள் மிக அதிக வளவாயிருப்பன. அவற்றை யொட்டியுண்டாகும் அலைகளின் நீளங்கள் மிகக் குறைந்தனவாயிருப்பன. அவ்வாருனவை ஊதா ஒளிக்கான அலை நீளத் தையும் விடக்குறைந்த அலை நீளங்களுடன் இருக்கின்றமையின், நம்மில் அவற்ருல் ஒளிர்ச்சி யுணர்ச்சி பயத்தப்படுவதில்லை. எனவே வாயுக்கள் எரியும் போது, அவை, ஒருவகை நீல ஆவியான தோற்றத்துடன் உள்ளன. ஆக்விஜன் அனலின் வெப்பநிலை 2500°c. அது நீலப்புகைபோல் காணப்படும். அவ்வன லிடை திடப்பொருளொன்றை வைத்தால், அப்பொருள் கண்ணைக் கூசச் செய்யும் வெண்ணொளியுடன் பிரகாசிக்கும்.

பல விளக்குள் தருகின்ற பலவளவான ஒளிகள், மெழுகுவத்தி ஒளித்திறன் (காண்டில் பவர்-Candle power) என்ற யூனிட்டை யொட்டி அளவிடப்படு

கின்றன. ஒரு விளக்கினின்று அதிக தூரமாய் செல்லச் செல்ல, அதிலிருந்து பெறப்படும் ஒளியின் பிரகாசம், முறையே, குறைந்துகொண்டுபோகும், என,



படம் 225

ஸோடிய ஆவி விளக்கு (Sodium vapour lamp).

1. மின்வாய்கள் (Electrodes).
2. வெற்றிடமான வெளியிடம் (Vacuum jacket).
3. ஸோடிய உலோகப் பொடிகள்.

அறிவோம். ஒளியின் பிரகாசம், அதன் அடல்தாறுனது, எனலாம். அடல்தாறு (இண்டன் ஸிடி) தூரத்தின் மலவுயிருமடக்கையாய் (இன்வர்ஸ் ஸ்குயராய்-Inverse square) வேறுபடும். இரண்டடி தூரத்தில், அடல்தாறு ஓரளவாயிருப்பின், நான்கடி தூரத்தில், அது,

ஒளிகளின் மெழுகுவத்தித் திறன்கள்.

அவ்வளவில் கால்பங்கினதாகவே இருக்கும். இம்முறையை யொட்டி, விளக்குகளின் ஒளித்திறன்கள் ஒப்புவீதமாக அளவிடப்படுகின்றன. ஒருவகை விளக்கின் ஒளி செய்யும் திறன், அதன் இலகலளித்தரம் (இல்யூமினேடிங்கு பவர்-Illuminating Power) எனப்படும். ஓரிடத்து அமைந்துள்ள ஒளியின் பிரகாசம், அதன் 'இலகலுறு அடல்தாறு' (இண்டன்ஸிடி ஆப் இல்யூமினேஷன்-Intensity of Illumination) எனப்படும். ஓரொளியின் இலகளித்தரம், அது ஓரளவான தூரத்தில், ஓரளவுப் பரப்பில், அமைக்கும் ஒளியின் இலகலுறு அடல்தாறுவை யொட்டி, அளவிடப்படும். ஒளித்திறன்கள் அளவை செய்யப்படும் வழியொன்றைக் கூறுவோம். இருட்டறையில், வெள்ளைத்திரை யொன்றின் முன் அதனின்று சிறிது தூரத்தில் குச்சியொன்று செங்குத்தாய் நிறுத்தப்படும். குச்சிக்கு முன் அதனின்று சிறிது தூரத்தில் மெழுகுவத்தியொன்று ஏற்றி வைக்கப்படுகிறது. திரையில் அதன் ஒளிவிழும். அவ்வொளியினிடை குச்சியின் நிழலும் விழுந்திருக்கும். ஒரு விளக்கையேற்றி மெழுகுவத்திக்குப் பக்கவாட்டமாய் அதனின்று சிறிது தூரம் விலகியுள்ளவாறு வைப்போம். இதை யொட்டியும் திரையில் குச்சியின் நிழல்விழும். இந்நிழலின்மீது மெழுகுவத்தியின் ஒளி விழுவதால், இதன் கருமை அதிக வளவாயிருக்காது. அவ்வாறே மெழுகுவத்தி யொளியை யொட்டி விழுந்த நிழலின் மீது விளக்கொளிபடுவதால், அந்நிழலின் கருவலும் அதிகமாயிருக்காது. ஆயினும், அவ்விரு நிழல்களும் ஒரே யளவு கருஞ்சாயலானவாறு இரா. விளக்கொளியை யொட்டிய நிழல் மற்றதைவிட அதிக கருவலாயிருக்கும். திரையினின்று விளக்குவுள்ள தூரம் படிப்படியாய் அதிகரித்துச் செல்லுமாறு, விளக்கை நகர்த்துவோம். அது

ஓரளவுத் தூரத்திலுள்ளபோது, இருநிழல்களும் நிகர்த்த கருமையினவாய் ஆகின்றது. அத்தூரம் மூன்று அடி, எனவும், மெழுகுவத்தி திரையினின்றுள்ள தூரம் ஓரடி, எனவும் கொள்வோம். விளக்கினால் விளைவிக்கப்படும் ஒளியின் அடல்தாறு, மெழுகுவத்தியால் விளைவிக்கப்படும் ஒளியினதைவிட, $[(\frac{3}{1})^2 = 9]$ ஒன்பது மடங்கு அதிகமாயிருக்கும், என, அறிகிறோம். எனவே, விளக்கின் 'இலகலளித்தரம்', ஒன்பது மெழுகுவத்தித் திறன்களானது, என அறிகிறோம். விளக்குகள் பாற்பட்ட ஒளிகளின் இலகலளித்தரங்கள் அளவை செய்யப்படற்கென்றுள நிரலுக்கு, 'தேசுயளவைநிரை' (போடோ மெட்ரி-Photometry) என்று பெயர். மேற்கூறப்பட்டதொன்றைத் தவிர, வேறு பலவான தேசுயளவை நிரைகளும், உற்பட்டுள்ளன. அவற்றில் சில, அதிநுட்பமானவை. ஒரு விளக்கினொளியின் பாற்பட்ட சக்தியின் அளவுக்கும் (லைட் எனர்ஜிக்கும்-Light Energy) அவ்வொளியை யுண்டாக்குதற்கென செலவான சக்தியளவுக்குமான வீதம், விளக்கின் 'நிறைவேற்றுத்திறன்' (எபிஷியன்ஸி) எனப்படும். பலவகையான விளக்குகளின் நிறைவேற்றுத் திறன்கள் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளன.

விளக்கின் வகை		நிறைவேற்றுத் திறன்	ஒரு மெழுகுவத்தி ஒளித்திறனான ஒளியைப் பயக்கவாகும் சக்தி
குத்து, அகல், விளக்குகள்	..	0·026	75 வாட்டுகள்
மண்ணெண்ணெய் விளக்குகள் மெழுகுவத்தி	} ...	0·04	50 ,,
சாதாரண மாண்டில் விளக்குகள்	...	0·13	15 ,,
பெட்ரோ மாக்ஸ், காஸ், விளக்குகள்	...	0·29	7·0 ,,
கார்பன் கம்பி மின் விளக்குகள்	...	0·7	3·0 ,,
டாண்டலம் கம்பி ,,	...	1·6—1·8	1·1-1·25 ,,
டங்கிஸ்டன் கம்பி ,,	...	2·1	1·0 ,,
வாயு நிரப்ப கம்பி ,,	...	4·2	0·49 ,,
மின்வளை (ஆர்க்கு) ,,	...	4	0·50 ,,
பாதரஸ ஆவி (பாறல்-டிஸ்சார்ஜ்) விளக்குகள்	} ...	6·4—7·0	0·29–0·31 ,,
ஸோடிய ஆவி (பாறல்-டிஸ்சார்ஜ்) விளக்குகள்	} ...	8—11	0.18-0·25 ,,

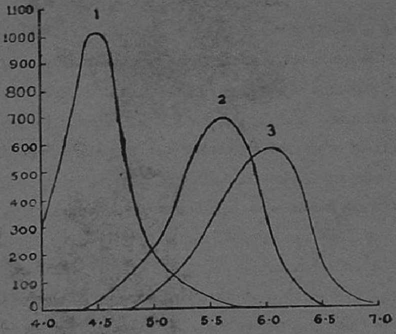
சாதாரணமாக, விளக்குகளின் திறன்கள் மேலே காட்டப்பட்ட வகையில் குறிப்பிடப்படுவதில்லை. ஒரு ‘வாட்டு’ சக்தியைச் செலவிடுவதால், எத்தனை மெழுகுவத்தித் திறனான ஒளியைப் பெறலாம், என்ற வகையில், அது, குறிப்பிடப்படும். இவ்வகையில் குறிப்பிடுவோமாயின், ஒரு வாட்டு சக்தியைச் செலவிடுவதால், அகல் விளக்குகளில், $\frac{1}{75}$ மெழுகுவத்தித்திறனையும், மெழுகுவத்தியில் $\frac{1}{50}$ மெழுகுவத்தித்திறனையும், பெட்ரோமாக்ஸ் விளக்கில் $\frac{1}{7}$ மெழுகுவத்தித் திறனையும், வாயு நிறைந்த மின்னொளிர் பிளக்கில், 2 மெழுகுவத்தித்திறனையும், ஸோடிய ஆவி விளக்கில் 4 முதல் 6 வரையான மெழுகுவத்தித்திறனையும், பெறலாம், எனக் காண்போம். ஒரு வாட்டுக்கு, ஐம்பது மெழுகுவத்தித் திறனான ஒளியை அளிக்கும் விளக்கு, நூறு சதவீதம் நிறைவேற்றுத்திறனுள்ள சிறந்த விளக்காகும்.

நிறங்காணல்.

நிறங்களைக் கவனிக்கலாம். $\frac{1}{60,000}$ அங்குலத்திற்கும் $\frac{1}{30,000}$ அங்குலத்திற்கும் இடையிலுள்ள அலை நீளங்களான மின் காந்த அலைகள் ஒளி யுணர்ச்சியைத் தருகின்றனவை, எனக் கூறியுள்ளோம். அவற்றில் $\frac{1}{60,000}$ அங். முதல் $\frac{1}{50,000}$ வரையானவை ஊதாநிறவுணர்ச்சியையும், $\frac{1}{55,000}$ அங். முதல் $\frac{1}{50,000}$ அங். வரையானவை நீலநிறவுணர்ச்சியையும், $\frac{1}{50,000}$ அங். முதல் $\frac{1}{45,000}$ அங். வரையானவை பச்சை நிறவுணர்ச்சியையும் $\frac{1}{45,000}$ அங். முதல் $\frac{1}{42,000}$ அங். வரையானவை, மஞ்சள் நிறவுணர்ச்சியையும், $\frac{1}{42,000}$ அங். முதல் $\frac{1}{40,000}$ அங். வரையானவை செம்பீத நிறவுணர்ச்சியையும், $\frac{1}{40,000}$ அங். முதல் $\frac{1}{30,000}$ அங். வரையானவை சிவப்பு நிறவுணர்ச்சியையும், முறையே, அளிப்பவை. பல நிறங்களை யொட்டிய அலைகள் ஒருங்கேயானவாறு கண்ணில் வீழ்ந்தனவாயின் அந்நிறங்கள் விகுதிகளானவாறு காணப்படமாட்டா ; எல்லாம் சேர்வானதை யொட்டிய, ஒரு நிறமே தோன்றுகின்றது. பல துவிதநிரல்மானங்களை, முறையே, யொட்டியான கூட்டொளியை, பல நிறங்களானவாறு பகுத்தறியும் திறன் கண்ணுக்கு இல்லை. பல துவிதநிரல்மானங்களை, முறையே, யொட்டியான கூட்டொலியை. பல சுரங்காளாலானவாறு பகுத்தறியக்கூடிய திறன் காதுக்கு உளளது. பாதரஸ ஆவி விளக்கிலிருந்துவரும் ஒளி, வயலட்-பச்சை-மஞ்சள்-சிவப்பு என்ற நிறங்களுக்கான அலைகளைக்கொண்டது. அவற்றில் வயலட்டையும் பச்சையையும் யொட்டிய அலைகளின் சக்தியே யதிகமாயுள்ளது. கண்ணுணரும் ஒளி, ஒருவகை

வெண்ணீல நிறமாயுள்ளது. இரு நிறங்களுக்கான அலைகள் சேர்தலை யொட்டி, வேறேயான நிறவுணர்ச்சி தோன்றலாம். $\frac{1}{55,000}$ அங்குல அலை நீளமான நீல வொளியும் $\frac{1}{45,000}$ அங்குல அலை நீளமான மஞ்சள் ஒளியும், முறையே, ஒரே யளவு சக்திபானவையாயிருப்பின், அவை யிரண்டும் சேர்ந்து, பிறகு, பகிர்ந்து கொள்வதான $\frac{1}{2}\left(\frac{1}{45,000}+\frac{1}{55,000}\right)=\frac{1}{50,000}$ அங். அலை நீளமான பச்சை நிறவுணர்ச்சியைத் தருகின்றன. ஆனால், நீலவொளியினூடே, மஞ்சள் ஒளி வந்தால், $\left(\frac{1}{45,000}+\frac{1}{55,000}\right)$ என்ற **பயினி**யான வெண்ணொளி காணப்படும். மஞ்சள் சாயத்தையும் நீலச் சாயத்தையும் சேர்த்திழைத்தால், பச்சை சாயம் பயத்தப்படும். மஞ்சள் சாயம், தன் மீது விழும் வெண்ணொளியினின்று மஞ்சளையும் சிறிதளவு சிவப்பையும் தவிர்த்தான மற்ற நிறங்களை உறிஞ்சிக் கொள்கின்றது. நீலச்சாயம், நீலத்தையும் சிறிதளவு பச்சையையும், சிறிதளவு வயலட்டையும் தவிர்த்தான மற்றவற்றை, வெண்ணொளியினின்று கிரகித்துக் கொள்கின்றது. எனவே, மஞ்சளும் நீலமும் சேர்க்கப்படும்போது, மஞ்சள், நீலத்தை அருந்திவிடும்; மஞ்சளிலிருந்த சிறிதளவான சிவப்பு நீலத்தால் உறிஞ்சிக்கொள்ளப்படும்; நீலத்திலிருந்த சிறிதளவு வயலட் மஞ்சளால் உறிதலாகும். இரண்டிலும், முறையே, எஞ்சிய பச்சை சேரும். பல நிறச்சாயங்களைக் கலந்தால், ஒன்றாலொன்று அருந்தப்படாதவாறு, எஞ்சும் நிறம் ஒன்றுமிருக்காது. அக்கலவை கருமையாய்க் காணப்படும். பலவாறான கலவைகளையொட்டி, முறையே, கருஞ்சாம்பல் நிறம், வெண்சாம்பல் நிறம், முதலானவை தோன்றுவன. அறவே ஒளியில்லாதுள்ள இடம் கன்னங்கரேலானது. சாயப்பொருள்கள், முறையே, நிறவொளிகளை கிரகித்துக்கொள்வனவேயன்றி, ஒரு நிறவொளி மற்றொன்றை அருந்தல் இயலாது. அவை சேரும்போது, ஒன்றுடனொன்றாய் விரவுகின்றமையின், அவற்றின் தொகைக் கூட்டான நிறத்தை யொட்டிய ஒளி பயத்தப்படும். இவ்வாறு, முறையே, வேறு நிறத்தினவான ஒளிகள் இரண்டு ஒன்றுடனொன்றாய் பயினியாதலை யொட்டி, வெண்ணிறவொளி விளைந்திடின், அந்நிறங்கள், முறையே, ஒன்றுடனொன்று 'சமங்குயிறலானவை' (காம்பளிமண்டரியானவை-Complementary) எனப்படுகின்றன. சிவப்பும் நீலப்பச்சையும் சமங்குயிறலானவை. செம்பீதமும் (ஆரஞ்சும்) நீலமும் சமங்குயிறலாகும் நிறங்கள். மற்ற சமங்குயிறலுறு நிறஜதைகள், மஞ்சள்-அவுரி நீலம், பசும் மஞ்சள்-வயலட்டு, பச்சை-பர்பிள், என்பன. வெண்ணிறவொளியினின்று, ஒரு நிறம் அகற்றப்பட்டால், அந்நிறத்தின் சமங்குயிறலான நிறம் தோன்றும். பிரகாசமான ஒரு நிற ஒளியையே அதிக நேரம் உற்றுப்பார்த்துக் கொண்டிருந்தால், அந்நிறத்தையே பார்த்துப் பார்த்து, கண் அலுத்துப்போ

கின்றது; அந்நிறத்தைக் காணும் திறனை, தாற்காலிகமாக இழக்கின்றது. அந்நிறத்தையே உற்றுப்பார்ப்பதை சட்டென நிறுத்திவிட்டு, வெண்ணொளியை நோக்கினால், அது, கண் முன்பு பார்த்துக்கொண்டிருந்த நிறத்தின் கமங்குயிற லான தொன்றாய்த் தோன்றும். வெண்தாளில் போடப்பட்டுள்ள பிரகாசமான செம்பொட்டு ஒன்றை சில நிமிஷ நேரம் உற்று நோக்கிக்கொண்டிருந்துவிட்டு, சடீரென வெண்ணிறப்பகுதியை நோக்குமாறு கண்ணைத் திருப்பினால், வெண்ணிடம், நீலப்பச்சையானவாறு காணப்படும். இவ்வாறு, ஓரியலையே உற்று நோக்கிக்கொண்டிருந்துவிட்டு, பிறகு, அவ்வாறு நோக்காதுள்ளபோதும் முன்னையவியலை யொட்டிய குறிப்பொன்று நீங்காதிருத்தல் என்ற உரிமைக்கு, 'நாட்டஎடகப்பின்றல் விளைப்பாடு' (ரெடினல் ஆப்டர் எபக்ட்-**Retinal After effect**) என்று பெயர். மேற் கூறப்பட்டவாறான 'நாட்டஎடகப்பின்றல் விளைப்பாடு', 'மறுதரல் வகையானது' (நெகடிவானது-**Negative**) எனப்படும். அவ்வகையினதில், உற்று நோக்கப்பட்டுக்கொண்டிருந்த இயல் மரத்துப்போகின்றது. உற்று நோக்கப்படுமியல், பிறகு, அது நோக்கப்படாதுள்ளபோதும் அகலாதிருத்தல், என்ற வகையான 'பின்றல் விளைப்பாடு' எற்படுவதும் உண்டு. அதற்கு 'இடமியைப்பின்றல் விளைப்பாடு' (பாஸிடிவ் ஆப்டர் எபக்ட்-**Positive**



படம் 226

அலை நீளத்திற்கும், ஒளிச் சக்திக்குமான தொடர்பைக் கணக்கிடும் வரிப் படம். (**Graph showing Relation between wave-length and Energy of light.** 1. நீலம் 2. பச்சை 3. சிவப்பு.

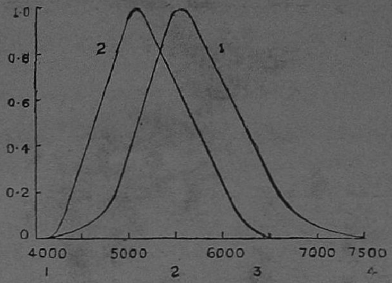
After effect) என்று பெயர். வெண்ணொளிமயமாயுள்ள பொருளொன்றைச் சற்று நேரம் பார்த்துக்கொண்டிருந்துவிட்டு, பிறகு, கண்களை மூடிக்கொண்டோமாயின், சற்று நேரம் வரை அப்பொருள் காணப்படுவதுபோலவேயிருக்கும்.

மூடிய கண் முன்னுள்ள தோற்றம், வரவர மங்கலாகி, இறுதியில் மறைந்து போகும். இது, இடமியைப்பின்றல் விளைப்பாடு (பாஸிடிவ் ஆப்டர் எபக்டு). சற்று நேரம் வரை, நாட்ட எடகத்தைவிட்டகலாதுள்ள பிம்பம், 'பின்றல் பிம்பம் (ஆப்டர் இமேஜ்-After Image) எனப்படும். துயில் நீங்கி யெழும் வேளையில் இடமியைப்பின்றல் விளைப்பாட்டை யொட்டிய பின்றல் பிம்பங்களை சிறப்பாய்க் காணலாம். சற்று கண் விழித்தவுடன் சூழ்ந்துள்ளவற்றின் பிம்பங்கள் நாட்ட எடகத்தில் விழுகின்றன. கண்ணை மூடிக்கொள்கிறோம். அப்பிம்பங்கள், சற்றுநேரம் வரை, நாட்ட எடகத்திலிருந்து மறையாதுள்ளன. சுற்றிலுமுள்ள வற்றின் தோற்றம் காணப்பட்டு வருகிறது.

வர்ணங்கள் இழைக்கையாகும் வகைகளைப்பற்றி பல ஆராய்ச்சிகள் செய்யப் பட்டுள்ளன. அவற்றை யொட்டி, முக்கியமான இரு முடிவுகள் பெறப் பட்டுள்ளன. வெவ்வேறு அளவினவான அலை நீளங்களை யொட்டிய மூன்று நிற ஒளிகளினது சக்திகளின் ஒப்பு வீதங்கள், முறையே, தக்கவாறு அமைந்தபடி, அவை இழைக்கையாயின், அம்மூன்றினின்றும், முறையே, வேறுபட்டனவான அலை நீளங்களை யொட்டிய வேறு பல நிறங்களும், முறையே குயிற்றப்படல் இயலும், என்பது, ஒரு முடிவு. மூல நிறங்களாய் எடுத்துக்கொள்ளப்படற்கான அம்மூன்றை யொட்டிய அலை நீளங்கள், முறையே, எவ்வெவ்வளவினவாய் இருத்தல்வேண்டும் என நிலவரப்படுத்த வேண்டியதில்லை என்பது மற்றொரு முடிவு. முதல் முடிவை யொட்டியவாறு, நமது கண் மூலமான மூன்று நிறங்களைப் பொருத்தான சாதனங்களைக் கொண்டுள்ளமையின் அது பல நிறங்களைக் காணும் திறன்வாய்த்துள்ளது, என, அறியலாம். கண்ணின் பாற்பட்ட அம் முந்நிறவுணர்ச்சிகள், முறையே சிவப்பு, பச்சை, நீலம் என்றவற்றை யொட்டியுள்ளவை. எனவே, செயல் முறையை யொட்டி, பல நிறங்களை யமைத்தற்கென்றுள்ள வழிகள், சிவப்பு, பச்சை, நீலம் என்ற முந்நிறங்களின் பாற்பட்டவாறே, நிரலாக்கப்பட்டவை. இரண்டாவது முடிவை யொட்டி, எம் மூன்று நிறங்களையேனும் மூலமானவையாய்க்கொள்ளலாமெனினும், செயல்முறையை யொட்டி அமைக்கப்படுகின்ற நிறங்களைக் காண்பது கண்ணேயானமையின், கண்ணின் முறையை யொட்டியே கையாளப் படும் வகை நிறுவப்பட்டுள்ளது. குறித்தவளவான அலை நீளத்தை யொட்டிய ஒளியின் நிறம், அதன்பாற்பட்ட மூல நிறங்களினது சக்தியளவு ஒப்புவீதங்கள், முறையே, எவ்வாறுள்ளவை என்பதைப் பொருத்திருக்கும். நிறச்சேர்வை யொட்டிய சக்திகளின் அளவைகள், 'எர்க்கு' என்ற யூனிட்டைக்கொண்டு செய்யப்படுவதில்லை. நிறத்தை யொட்டிய சக்தியின் அளவைக்கென வேறு வகையான யூனிட் ஒன்று ஏற்பட்டுள்ளது. அந்த யூனிட்டின் பரிமாணம் மூன்று மூல ஒளிகளை யொட்டிய, பொதுவான ஒரேயளவானதன்று. சிவப்பு நிறத்தை

வர்ணங்கள் இழைக்கையாகும் முறை

யொட்டிய யூனிட்டும், பச்சையினதை யொட்டியதும், நீலத்தை யொட்டியதும், முறையே, வெவ்வேறளவினவை. ஒரு யூனிட் சிவப்பும், ஒரு யூனிட் பச்சையும், ஒரு யூனிட் நீலமும் இழைக்கையானபோது வெண்ணொளியுண்டாகுமாறு, அந்த யூனிட்களினது அளவைகளின் ஒப்புவீதங்கள், முறையே, உள்ளவை.



படம் 227

பரப்பின் பிரகாசத்திற்கும் அது காணப்படும் ஒளியின் நிறத்திற்குமான தொடர்பு.

(**Relation between Wave length and brightness of Surface as seen by eye.**)

1. நன் பகலின்போதுள்ள நிலைமை.
2. மாலை ஒளியின்போதுள்ள நிலைமை.

1. வயலட்டு.	3. மஞ்சள்.
2. பச்சை.	4. சிவப்பு.

சிவப்பு நிறத்தின் நிலவரமான சால்புவுறை (ஸ்டாண்டர்டு-**Standard**) அலை நீளம், காட்மியச் (**Cadmium**) சிவப்பினது எனவும், பச்சை நிறத்தினது காட்மியப் பச்சையினது எனவும், நீலத்தினது, காட்மிய நீலத்தினது, எனவும், நிறுவப்பட்டுள்ளன. அவற்றின் அலை நீளங்கள், முறையே, $\frac{1}{39,500}$ அங்; $\frac{1}{49,940}$ அங்; $\frac{1}{52,910}$ அங்., காட்மியச் சிவப்பில், இருநூறு யூனிட்களான செந்நிறமும், இருபது யூனிட்களான பச்சை நிறமும் இழைக்கையாகியுள்ளன; காட்மிய பச்சையில் தொண்ணூறு யூனிட்கள் செந்நிறமும், இருநூற்றுத் தொண்ணூறு யூனிட்கள் பச்சை நிறமும், நூற்றுப்பத்து யூனிட்கள் நீல நிறமும்

இழைக்கையாகியுள்ளன: காட்மிய நீலம், ஐம்பது யூனிட்கள் செந்நிறமும், இரு நூறு யூனிட்கள் பச்சைநிறமும், இருநூறு யூனிட்கள் நீலநிறமும் சேர்ந்து இழைக்கையானது. பாதரஸ ஆவி விளக்கினது ஒளியிலுள்ள பச்சை நிறம் $\frac{1}{46,200}$ அங். அலை நீளத்தை யொட்டியானது; அதில் 20 யூனிட்கள் நீலமும், 610 யூனிட்கள் பச்சையும், 430 யூனிட்கள் சிவப்பும் உள்ளன. பாதரஸ ஆவி யொளியிலுள்ள வயலட்டு நிறம் $\frac{1}{58,250}$ அங்: அலை நீளத்தை யொட்டியது. அது, தொளாயிரம் யூனிட்கள் நீலத்தைக்கொண்டது.

நீலம்-பச்சை-சிவப்பு என்ற மூலநிறங்களை அளவை செய்தற்கென நிலவரமான யூனிட்கள் வெவ்வேறு அளவினவை, என, மேலே கூறினோம். வெவ்வேறளவான யூனிட்கள் நிறுவப்படற்கான காரணம் என்ன என்பதை விளக்கலாம். 'எர்க்கு' என்ற யூனிட்டைக்கொண்டு அளவிடும்போது, முறையே, ஒரேயளவு சக்தியுள்ளவை என அறியப்படும் பல நிறத்தினவான ஒளிகளை முறையே ஒரேயளவு பிரகாசமானவையாய் கண் உணர்வதில்லை. காணப்படும் ஒளி மங்கலாயிருப்பின் பச்சை யொளி, அதன் சக்தியளவேயான மற்ற எல்லா நிற ஒளிகளையும்விட அதிக எடுப்பாய்த் தோன்றும். ஒளியதிகமாயுள்ளபோது, மஞ்சள் நிறம் மற்ற எல்லாவற்றையும்விட அதிக துளக்கமாய் தெரியும். ஒளியின் அடல்தாறு குறைந்துள்ளபோது, நாட்ட எடகத்துக் குச்சிகளை முக்கியமாயொட்டியே ஒளியுணர்ச்சி யுண்டாகின்றதெனவும், அடல்தாறு அதிகமாயுள்ளபோது கூம்பிகளே ஒளியுணர்ச்சியை யொட்டி முக்கியமானவை எனவும், கூறியுள்ளோம். கூம்பிகள் நிறபேதமறியும் உணர்ச்சியுடனுள்ளவை. நிறத்திற்கு நிறம், முறையே வேறுபட்டவளவான வுணர்ச்சிகள் உண்டாதலை யொட்டியே, அவை நிறபேதங்களை உணர்பவை. மஞ்சள் நிறத்தை யொட்டிய உணர்ச்சி மற்றவற்றை யொட்டியவற்றைவிட அதிகமானது. எனவே, அவை மஞ்சள் நிறமானதொன்றை, முறையே, அதேயளவு ஒளி சக்திகளுடனான மற்ற எல்லா நிறங்களாலானவற்றைவிட அதிக பிரகாசமானதாய்க் காண்கின்றன. குச்சிகள் நிறபேதமறியும் உணர்ச்சியில்லாதவை. ஆயினும், அவற்றின் ஒளியுளவறியும் திறன், அவ்வொளி பச்சை நிறமானபோது அதிகமாயுள்ளது; மற்றவெல்லா ஒளிகளினுளவை அவை அவ்வளவு திறனுடன் உணர்வதில்லை. எனவே மங்கலான ஒளியொன்று பச்சையாயிருந்தால், அவை, அதனளவு சக்திகளுடனேயான மற்ற எல்லா நிறவொளிகளையும்விட அதிக துலக்கமானதாய் உணர்கின்றன.

நாட்ட எடகத்து அமைபொருளில் ஒளிவிழுவதை யொட்டி, ஒருவகை ரஸாயன மாற்றம் எற்படுவதால், யதிகள் உண்டாகி, அவை மூளைக்கு இகைக்கப்பட்டுச் சென்று ஆங்கு பதியும்போது, ஒளியுணர்ச்சி யுண்டாகின்றது, எனக்

கூறினேம். ரஸாயன மாற்றமொன்றை யொட்டி, யதிகள் எவ்வாறு பயத்தப் படுகின்றன என்பதைக் கவனிக்கலாம். ஒரு அடிப்பண்ட அணுவின் கழன்றவாறான எலக்ட்ரான்களும் மற்றொரு அடிப்பண்ட அணுவின் கழன்றவாறான

நாட்ட ஏடக அமைபொருளில் ஒளிபடுவதால் யதிகள் பயக்கப்படும் முறை.

எலக்ட்ரான்களும் தக்கவாறு இடம் மாறிப் பொருந்துவனதை யொட்டி, ரஸாயன மாற்றங்கள் நடந்தேறுகின்றன, எனக் கூறியுள்ளோம். ரஸாயன மாற்றங்கள், எலக்ட்ரான் பந்தனங்களை யொட்டியும், அவை இடம் பெயர்ந்து அமைதலை யொட்டியும் நடைபெறுகின்றமையின், அம்மாற்றங்கள் எலக்ட்ரான்களின் இயக்கமாற்றங்களுடன் தொடர்பானவை. ரஸாயன மாற்றங்களை யொட்டி எற்படும் வெப்ப நிலைமாற்றங்களும், எலக்ட்ரான்களின் இபக்கமாற்றங்களுடன் தொடர்பானவையே. ஆகவே ரஸாயனமாற்றங்களை யொட்டி மின்காந்தவியலான அலைகள் பயத்தப்படலாம் என அறிகிறோம். நாட்ட ஏடக அமைபொருளின் மீது ஒளி பட்டு ரஸாயனமாற்றம் பயத்தப்படும்போது, எலக்ட்ரான்கள் சில இடம் பெயர்ந்தவாறு ஒதுக்கப்படுகின்றன. அவ்வியக்கத்தை யொட்டி நரம்பு நார் முடிவுகள் அதுக்கப்படுகின்றன. அவ்வதுப்பு யதிகள் நரம்பின்வழியே இசைக் கப்படுகின்றன. ஆயிரத்து நானூறு குவாண்டங்களுக்குக் குறைந்தவளவான ஒளியலைகளினீட்டங்கள், முறையே, கண்ணில் படலையொட்டி ஒளியுணர்ச்சி யுண்டாகாது, என அறியப்பட்டுள்ளது. அவ்வவதியெண், அதிகூர்மையான ஒளியுணர்ச்சி வாய்த்தவரில், மிக நலமான சூழ்நிலைமையமைந்தபோது, அளவிடப்பட்டதொன்று. பொதுவாக, ஸ்தம்பிதமான பச்சை நிற ஒளியைத்தரும் தீபமொன்றை உற்று நோக்கிக்கொண்டிருப்போமாயின், ஸெகண்டிற்குப் பதினாயிரம் குவாண்டங்களைவிடக் குறைந்த சக்தியான ஒளியே அத்தீபத்தினின்று வந்துகொண்டிருந்த தாயின், அது கட்புலனாகாது. ஸெகண்டிற்கு, பதினாயிரங்குவாண்ட வீட்டமானவொளி, (6×10^{-16} காண்டில்பவர்) அறுநூறு கோடியிலொரு பங்களவான மெழுகுவத்தித்திறனானது. ரஸாயன மாற்றத்தை யொட்டி சூட்டலைகளை யுண்டாக்கும் வழியை நாமறிந்துள்ளோம்; அதைப் போலவே ரஸாயன மாற்றத்தை யொட்டி ஒளியலைகளை விளைவிக்கும் வழியையும் நாம் கண்டுபிடிப்போமாயின், ஒளியைப் பெறுவதற்கென செலவிடப்படும் சக்தியெல்லாம் ஒளியாகவே யாகுமாறு செய்யலாம். அவ்வழியை நாமறியோம். மின்மினிப்பூச்சிக்கு அது தெரியும். ரஸாயன மாற்ற முறையை யொட்டி, அது தன்னொளியை ஆக்குகின்றது. சூட்டலைகளின் தொடர்பேயில்லாதுள்ள அவ்வகையொளி, குளிரொளி (கோல்டு லைட்-Cold Light) எனப்படும்.

நாட்ட ஏடகத்தில் (ரெடினாவில்) பிம்பங்கள் தெளிவாய் அமையாதவாறாகின்றமையை யொட்டி, கண்ணில் ஏற்படுமாறான குறைகளைப்பற்றிக் கூறலாம். அக்குறைகள் இருவகையானவை. பார்வை தெளிவாயில்லாதவாறாகும் குறைகள்

ஒருவகையினவை. மற்றொரு வகையினவை, நிறபேதங்களைச் சரிவர உணராதவாறாகும் குறைகள். முதல் வகையைக் கவனிக்கலாம். நாம் படிக்கும்போதாயினும், ஒரு வஸ்துவைத் தெளிவாய்க் காண விரும்பும்போதாயினும், புத்தகத்தை அல்லது வஸ்துவை, நமது கண்களினின்று ஓரளவுத் தூரமானவாறு பிடித்துக்கொள்கிறோம். அதைவிடக் கிட்டமானவாறு வஸ்துவொன்றைக் கொண்டுவந்தால், அதனளவு பெரிதானவாறு தோன்றுமேயன்றி, வஸ்து தெளிவாய்க் காணப்படாது. அத்தூரத்தைவிட அதிகமான தூரத்தில் அவ்வஸ்து இருக்குமாயின், அது தெளிவாய்க் காணப் படினும், சிறிதாய்த்தோன்றும். எனவே, அது திட்டமாய் காணப்படாது. கண் உறுத்தலில்லாமல், வஸ்துக்களைக் காண்பதற்கு வசதியாயுள்ள தூரம், 'தெளிப்பார்வைக்கான சிறு கலவதி தூரம்' எனப்படும். கண்ணை நெரித்துக் கொண்டாலும், வஸ்துகள் தெளிவாய்க் காணப்படுவதற்கான தூரம், முன்னையதைவிடக் குறைவாயிருக்கும். அது நணுகுக்கூர்மைச் சுட்டல் (நியர் பாயிண்டு-**Near point**) எனப்படும். கண் குறையில்லாதவரில், இத்தூரம், பத்து அங்குலத்திற்கு மேலிருக்காது; அதைவிடக் குறைந்ததாயிருக்கலாம். தெளிவுப் பார்வைக்கான சிறு கலவதி தூரம் பத்து அங்குலமுதல் பதினான்கு அங்குலம் வரையான வாறில்லாதவர்கள், கண் குறைகளுடனுள்ளவர்கள். நணுகுக் கூர்மைச் சுட்டலின் தூரத்திலுள்ள வஸ்துவொன்றின் பிம்பம் நாட்ட எடகத்தில் தெளிவாய் அமையும் பொருட்டு, படிகமான வில்லையின் (கிரிஸ்டிலின் லென்ஸின்) 'உப்பல்' ஓரளவாயிருக்கும். வஸ்து கண்ணினின்றுள்ள தூரம் அதைவிடக் குறைந்ததாயிருப்பின், அதைக் காண்பதற்கென, வில்லையின் உப்பலளவு அதிகமாகும். ஆயினும் அதனால் பயனில்லை; வஸ்து தெளிவாய் காணப்படாது. பயனுறுமாறு அதிகவளவான 'உப்பல்,' நணுகுக் கூர்மைச் சுட்டலின் தூரத்தை யொட்டியான தொன்றேயாம்.

கண்ணில் ஏற்படும் குறைகள்.

நாற்பது வயதான ஒருவரின் நணுகுக் கூர்மைச் சுட்டலின் தூரம், பத்து அங்குலமுள்ளது, எனக் கொள்வோம். அந்நிலைமையில் அவரது கண்ணின் படிகவாண வில்லையின் (கூம்படைவுத்திறன்-கன்வர்ஜிங்குபவர்), 49 யூனிட்கள் இருக்கலாம். அவர் அதிக தூரத்திலுள்ள வஸ்துவொன்றைப் பார்க்கும்போது, வில்லையின் உப்பலளவு குறையும். அதன் கூம்படைவுத்திறன், அப்போது, $43\frac{1}{2}$ யூனிட்களாய் இருக்கும். இவ்விரு கூம்படைவுத்திறனளவுகளுக்குமான வேற்றுமை, $49 - 43\frac{1}{2} = 5\frac{1}{2}$ யூனிட்டுகள். அது 'அனுகூலவரைத்திறன்' (அக்காம்மடேடிங்கு பவர்-**Accommodating Power**) எனப்படும். பத்து வயதான இளைஞரில், 'அனுகூலவரைத்திறன்', 14 யூனிட்கள், இருக்கலாம். வயதாக, ஆக, அதனளவு, முறையே குறைவாகி வரும். இருபத்தைந்து வயதில், $2\frac{1}{2}$ யூனிட்களாகவும், அறுபதாவது வயதில், 1 யூனிட்டாகவும், எழுபதா

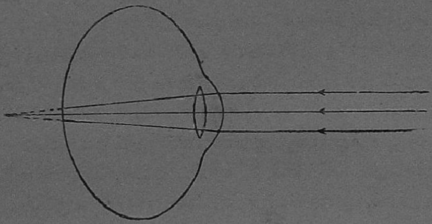
வது வயதில் $\frac{1}{4}$ யூனிட்டாகவும், முறையே ஆகிவந்து, எழுபத்தைந்தாம் ஆண்டில் பூஜ்யமாகும். எழுபத்தைந்தாண்டுகள் நிறைந்த மூதோர்க்கு ஒரேயொருவளவான தூரத்திலுள்ள வஸ்துக்கள் மட்டுமே தெளிவாய்த் தெரிவன. அம்முதியோர் அனுகூலவரைத்திறனை முற்றும் இழந்தவராவர். அவர் கண்ணின்குறை 'அனுகூலவரைத் திறனிழப்பு' என்பதாம். எழுபத்தைந்தாம் ஆண்டில் அக்குறை முற்றிடினும், இருபத்தைந்து வயதானவரைவிட அதிக வயதானவர் எல்லோரிலும் அக்குறையுள்ளது, எனலாம். ஆனால், அதிகமாய் இல்லை. இக்குறை எதனால் தோன்றுகின்றது, என்பதைக் கூறலாம். ஆண்டுகள் செல்லச் செல்ல, கண்விழியின் (ஐபாலின்) உருண்டைவடிவம், சற்றுமாறி, குறுக்கையில் முட்டை வடிவமாய் அகன்று கொண்டு வருகின்றது. வில்லைக்கும் நாட்ட எடகத்திற்கும் (ரெடினவுக்கும்) இடையிலுள்ள தூரம், முறையே, குறைந்துகொண்டு வருகின்றது. இருபத்தைந்து வயதானவரின் நணுகுக் கூர்மைச் சுட்டல் தூரம், 5 அங். இருக்கும். ஐந்து அங்குலம் வரை அணுகும் வஸ்துக்கள் தெளிவாய்க் காணப்படக்கூடும், என்றுனதால் 'ஐந்து அங்குலம்' என்பது வசதியான தூரம் எனக் கொள்ளக் கூடாது. கண்வில்லைக்கும் மஞ்சள் புள்ளிக்கும் இடையான தூரம், ஒரு அங்குலமிருக்கும். முறையே, ஐந்து அங்குலத்திலும், அதைவிட அதிவளவான தூரங்களிலுமுள்ள வஸ்துக்களின் பிம்பங்கள், முறையே, மஞ்சள் புள்ளியின், மீது தெளிவாய்விழுவன. ஐந்து அங்குலத்தைவிடக் குறைந்த தூரத்திலுள்ள வஸ்துக்களினின்று செல்லும் ஒளிக்கதிர்கள் கூம்படைவாகிக் கூடுமிடம், மஞ்சள் புள்ளிக்குப் பின்னேயிருக்கும். ஆதலின் மஞ்சள் புள்ளியின் மீதுவிழும் பிம்பம் திட்டமானதாய் இருக்காது, வஸ்து தெளிவாய் காணப்படாது. இருபத்தைந்தாவது வயதில், அனுகூலவரைத்திறன், 8 யூனிட்கள் இருக்கும். வயதாக, ஆக, விழியுருண்டையின் அகலம் அதிகரித்தும், நீட்டம் குறைந்தும் வருமாறுகின்றமையின் வில்லைக்கும் மஞ்சள் புள்ளிக்கும் இடையான தூரம், முறையே, குறைந்துவரும். எனவே நணுகுக் கூர்மைச் சுட்டல் (நியர்பாயிண்ட்) எட்டமாய்ப் போகும். நாற்பதாம் ஆண்டில், அதன் அளவு, பத்து அங்குலமிருக்கும். வில்லைக்கும் மஞ்சள் புள்ளிக்குமான தூரம், $\frac{9}{10}$ அங்குலமேயிருக்கும். பத்து அங்குலத்திலும் அதைவிட அதிகமான தூரத்திலுமுள்ள வஸ்துக்களின் பிம்பங்கள் மஞ்சள் புள்ளியின் மீது, முறையே, விழுகின்றன. பத்து அங்குலத்தை விடக் குறைந்த தூரத்திலுள்ள வஸ்துக்களின் பிம்பங்கள் தெளிவாய் இரா. ஐம்பது வயதில், வில்லைக்கும் மஞ்சள் புள்ளிக்கும் இடையான தூரம் $\frac{4}{5}$ அங்குலமேயிருக்கும். நணுகுக் கூர்மைச் சுட்டல், கண்ணினின்று 16 அங்., தூரத்தில் இருக்கும். பத்து அங்குல தூரத்தில் வைத்துப் படிக்கப்படவேண்டியதற்கான புத்தகங்களை பதினறு அங்குல தூரத்தில் பிடித்துக்கொண்டு படிக்கவேண்டியதாகின்றது; எழுத்துக்கள் சிறியவையாய்த் தோன்றுகின்றன. சிறிய எழுத்து

அனுகூலவரைத்திறனும் வயதும்.

களாய்த் தோன்றுபவை, சரியாய்ப் புலப்படமாட்டா. நாற்பது ஆண்டுகள் நிறைந்தபின் கண்ணில் குறை ஏற்படுகின்றது. இக்குறை 'வெள்ளெழுத்து' (லாங்குஸைட்-Long sight) எனப்படுகின்றது.

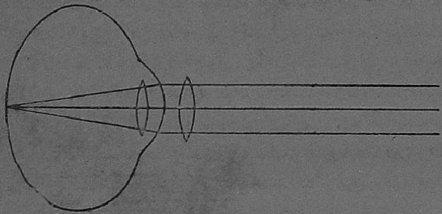
வெள்ளெழுத்து

பத்து அங்குல தூரத்திலுள்ள வஸ்துவொன்றி னின்று செல்லும் ஒளிக்கதிர்கள் மஞ்சள் புள்ளிக் குப் பின்னேயே கூடல் இயலும். மஞ்சள் புள்ளியின் மீது விழும் பிம்பம் தெளி



படம் 228

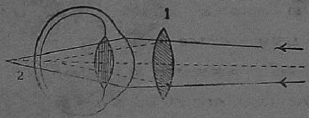
வெள்ளெழுத்தான கண்.



படம் 229

வெள்ளெழுத்து வில்லையால் பரிகரிக்கப்படல்.

வாயிருக்காது. எனவே 'வெள்ளெழுத்து' என்ற கண் குறையை யொட்டிய தொல்லையில்லாதிருக்கவேண்டுமாயின்; கண்வில்லையின் கூம்படைவுத்திறன்



படம் 230

வெள்ளெழுத்தானபோதும் பரிகரிக்கப்பட்ட பின்னும்.

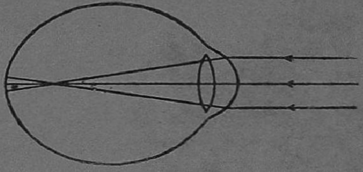
1. வில்லை. 2. வில்லையில்லாதபோது பிம்பம் விழும் இடம்.

(கன்வர்ஜிங்கு பவர்) அதிகமாக்கப்படல்வேண்டும். தக்க கூம்படைவுத்திறனுள்ள கண்ணாடி வில்லைகள் பொருத்தப்பட்ட மூக்குக் கண்ணாடியை உபயோகிப்ப

தால், அக்குறை பரிகரிக்கப்படும். பத்து அங்குல தூரத்திலுள்ள வஸ்துக்கள், கண்ணில் குறையில்லாவிடின் காணப்படுமாறுன தெளிவுடன் மூக்குக் கண்ணுடியின் வழியே புலப்படுவன. மேற்கூறப்பட்ட முறையை யொட்டி கணக்கிட்டால், ஐம்பதாவது வயதில் உபயோகிக்கப்படவேண்டிய கண்ணுடி வில்லைகளின் திறன், +1·5 யூனிட்களாயிருக்கும், என அறிவோம்.

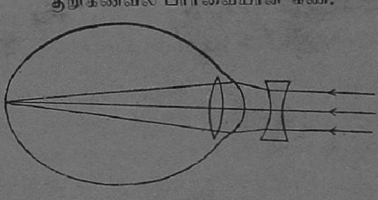
பார்வைத் தெளிவின்மையை யொட்டிய மற்ருெரு கண்குறை, 'குறுகணவல் பார்வை' (ஷார்டு ஸைட்-Short Sight) எனப்படுவது. கண்விழி நெடுக்கையில் முட்டை வடிவமாய் ஆவதை யொட்டி, இக்குறை ஏற்படுவது. ஒளிக்கதிர்கள் நாட்ட எடகத்திற்கு முன்னேயே கூடிவிடுகின்றன. பிம்பம் நாட்ட எடகத்திற்கு முன்னுள்ள இடத்தில் அமையும். பிம்பமாய்க்கூடிய கதிர்கள், அதன்பிறகே மஞ்சள் புள்ளியில் விழுகின்றன. திட்டமான உருவமும் தெளிவும் இல்லாது கம்பியவாறு வஸ்துக்கள் தென்படுவன. குறை அதிக வளவாயில்லாவிடின், ஓரளவைவிட அதிக தூரமான வஸ்துக்கள் தெளிவாய்த் தெரிவன. குறை மிகுதியாயின் மிகத் தொலையிலுள்ளதின் பிம்பம்கூட நாட்ட எடகத்தில் விழாது ; எட்டமாயுள்ள வஸ்துக்கள்கூடத் தெளிவாய்க் காணப்படமாட்டா.

குறுகணவல் பார்வை. குறுகணவல் பார்வை என்ற கண்குறையைத் திருத்தவேண்டுமாயின், கண்ணில் விழும் ஒளிக்கதிர்களின் கூம்படைவியல் (கன்வர்ஜென்ஸ்-Convergence) குறைக்கப்படல் வேண்டும். அதைச் செய்வதற்கென, கண்முன், அகல்



படம் 231

குறுகணவல் பார்வையான கண்.

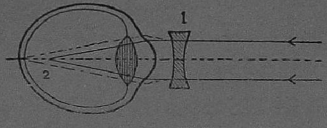


படம் 232

குறுகணவல் பார்வை வில்லையால் பரிகரிக்கப்படல்.

படர்வயர் (டைவர்ஜிங்கு-Diverging) வில்லை வைக்கப்படல்வேண்டும். ஒளிக்கதிர்களின் கூம்படைவியல் குறைக்கப்பட்டு, அவை நாட்ட எடகத்தின் மீது

ஒன்றுகூடி, மஞ்சள் புள்ளியின்மீது பிம்பமாய் அமைகின்றன. வஸ்துக்கள் தெளிவாயும் திட்டமாயும் காணப்படுகின்றன. குறுகணவல் பார்வையான



படம் 233

குறுகண்வல் பார்வையானபோதும் பரிகரிக்கப்பட்ட பின்னரும்.
1. வில்லை 2. வில்லையில்லாதபோது பிம்பம் விழும் இடம்.

ஒருவர், பத்து அங்குல தூரத்தில் வைத்துப் படிக்கப்படவேண்டிய சுவடியொன்றை ஆறு அங்குல தூரத்திற்குக் கொண்டுவந்தால்தான், அதைப் படிக்க முடிகின்றது, எனக்கொள்வோம். அவர், −2·7 யூனிட்கள் திறனுள்ள மூக்குக் கண்ணாடியை உபயோகிக்கவேண்டும். அது அகல்படர்வயர் வில்லையாம். அவ்வகையான வில்லையொன்றின் நடுப்பகுதி மெலிவாயும், ஓரப்பகுதிகள் தடிப்பாயும் உள்ளன.

வாட்டவிரூபம்.

நாட்ட எடகத்தில் பிம்பம் அமையும் முறைத்திரிபை யொட்டிய மற்றொரு வகைக்குறையும் கண்ணில் ஏற்படுவதுண்டு. விழியின் முன்புறமாயுள்ள கார்னியாவின் வட்டவளைவு சில வாட்டங்களில் சற்று பிறழ்வதின் நிமித்தம், அவ்வாட்டங்களில் ஒளி சரியானவாறு கூம்படைவதில்லை. எனவே, நாட்ட எடகத்தில் அமையும் பிம்பம் சில வாட்டங்களில் தெளிவாயிருக்காது. இதை யொட்டியுண்டாகும் கண்குறை, 'வாட்டவிரூபம்' (ஆஸ்டிக்மாடிஸம்-Astigmatism) எனப்படும். இச்குறையை சீர்ப்படுத்துவதற்கென, குழலிய வில்லைகள் (ஸிலிண்டரிகல் லென்ஸ்கள்-Cylindrical Lenses) எனப்பட்டவை உபயோகிக்கப்படுகின்றன. கண்ணாடிக் குழல்களின் தக்கவாறான பக்கங்களினின்றும், சாய்வுத்தட்டங்களினின்றும், அவ்வில்லைகள் அரிந்தெடுக்கப்படுகின்றன.

நிறவுணர்ச்சியை யொட்டிய கண் குறைகள்

நிறவுணர்ச்சியை யொட்டிய கண் குறைகள் பலவாறானவை. சாதாரணமான குறை, செந்நிறவுணர்ச்சியற்றிருத்தல், என்பது. அக்குறையுள்ளவர், சிவப்பையும் பச்சையாய்க் காணகின்றனர். கண்ணில் முந்நிறங்களை யொட்டிய சாதனங்கள் உள்ளன, எனக் கூறியுள்ளோம். செந்நிற உணர்ச்சியை யொட்டிய சாதனமில்லாது, பச்சைக்கும் நீலத்திற்கும் மட்டுமான வற்றுடன் சிலர் உள்ளனர். அவர்கள் சிவப்பை, பச்சையாய்க் காண்கின்றனர். மிகச் சிலர், நீலவுணர்ச்சியில்லாதவர்; அவர்கள், நீலத்தை,

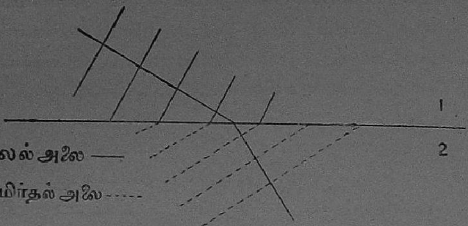
பச்சையாய்க் கண்ணுறுகின்றவர்கள். பச்சை நிறவுணர்ச்சியற்று, சிவப்பையும் நீலத்தையும் மட்டும் உணர்கின்றவர் இல்லை. நிறவுணர்ச்சியேயில்லாத முழு நிறக்குருடர் (கலர் பிளைண்டானவர்-Colour blind) உள்ளனர். அவருக்கு, எல்லா நிறங்களும் வெண்மையாகவே தோன்றுவன. நிறவுணர்ச்சியையொட்டிய குறைகளைப் பரிகரித்தற்கான வழிகள் அறியப்படவில்லை.

தட்டைத் தடுப்புக்களின்மீது பட்டு ஒலியலைகளும் நீரலைகளும் பிரதி பலிக்கப்படுவன, என அறிவோம். அவ்வாறே ஒளியலைகளும் பிரதி பலிக்கப் படுகின்றன. சிலவகைப் பரப்புகளால் ஒளி அதிகமாய்ப் பரதிபலிக்கப்படும், எனவும், மற்ற சில வற்றினின்று சொற்பமாகவே பிரதிபலிக்கப்படும், எனவும், நாமறிவோம். பளபளப்பான கருங்கண்ணாடியின் மீது படும் ஒளியில், நூற்றிலொருபங்கே பிரதிபலிக் கப்படுகின்றது. சிறந்த நிலைக்கண்ணாடி யொன்றி னின்று, நூற்றில் தொண்ணூற்றெட்டு பங்கான ஒளி பிரதிபலிப்பாகும். மெரு கேற்றப்பட்ட உலோகப் பரப்பொன்றால், ஒளி நன்கு பிரதிபலிக்கப்படும். தன் மீதுபடும் ஒளியை யெல்லாம் உட்கொண்டு, அதில் நுண்பங்கினையேனும் பிரதி பலிப்பாக்காத பரப்பொன்று, கன்னங்கரேலென்றனதொன்றும். சமமட்ட மான பரப்பிலிருந்து ஒளி பிரதிபலிக்கப்படும்போது, அதன்மீது விழும் ஒளிக் கதிர்க்கற்றை வரும் வாட்டத்திற்கும் அம்மட்டத்திற்கும் இடையான கோணமும், அதனின்று மறிதரும் ஒளிக்கதிர்க்கற்றை செல்லும் வாட்டத்திற் கும் அம்மட்டத்திற்கும் இடையான கோணமும், சிகரளவினவையாயிருப்பன. சமமட்டமாயில்லாத வஸ்துவின்மீது ஒளி விழும்போது, அவ்வஸ்துவின் ஒவ்வொரு சிறு பகுதியினின்றும், முறையே, மேற்கூறப்பட்ட விதியை யொட்டி யே, பிரதிபலப்பு எற்படும். ஆயினும், வஸ்துவின் மீதுவிழும் கதிர்க்கற்றைக்கும், அச்சிறு பகுதிகளுக்கும் இடை, முறையேயுள்ள கோணங்களின் அளவுகள் வேற்றுமையானவை. எனவே, மறிதரும் கதிர்க்கற்றைப் பகுதிகள் வெவ்வேறன திக்குகளில் செல்கின்றன. இவ்வாறு பல வாட்டங்களிலுமான கதிர்களைக் கொண்ட ஒளி, விரவல் ஒளி (டிப்யூஸ்டு லைட்-Diffused Light) எனப்படும். சாதாரணமாக, விரவல் ஒளி வீழ்வதை யொட்டியே, வஸ்துக்கள் கட்புலனு கின்றன. பல வாட்டங்களிலுமாய் பிரதிபலிக்கப்படும் ஒளிக்கதிர்களில் சில கண்ணில் விழலாதலை யொட்டி, அவ்வஸ்துக்கள் பார்க்கப்படுகின்றன.

ஒளிப் பிரதிபலிப்பு.

ஒரு பொருளின்மீது படுகின்ற ஒளிக்கதிர்கள் அதனல் பிரதிபலிக்கப் படாவிடின், அவை, அப்பொருளினூடே செல்கின்றன; பிரதிபலிக்கப்படின், பிரதிபலிக்கப்பட்ட வளவுபோக, மீதியான பகுதி, அப்பொருளினூடே செல்லும். அப்படிச் செல்லும்போது அவ்வொளி பொருளால் கிரகிக்கப்பட்டுக்கொண்டே போகும். சிலவகைப் பொருள்களினூடே, அது சற்று தூரம் போவதற்குள், அருந்

தப்பட்டுவிடும். மற்ற சில வற்றில், ஒளி உறிதலாகுமுன் அது, அதிக தூரம்



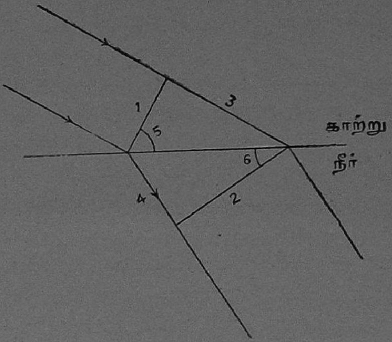
படம் 234

ஒரு ஊடேகுயிடவையினின்று மற்றொன்றினுள் அலைகள் செல்லல்.
1. ஆழ் நீர். 2. ஆழமில்லா நீர்.

பொருளினூடே ஒளி செல்லல்.

சென்றுவிடும். இச்சில வகையானவை, ஊடுகாணியல் (ட்ரான்ஸ்பேரண்டு-**Transparent**) பொருள்கள், எனப்படுபவை. கண்ணாடி, நீர், முதலானவை ஊடுகாணியல் பொருள்கள். இப்பொருள்களினூடே ஒளி செல்லும் வேகம், அது வெற்றிடவழியே செல்லும் போதானதை விடக் குறைந்திருக்கும். காற்றினூடே செல்வதை யொட்டி அவ்வேகம் சற்று குறையும். ஒளிக்கதிர்கள் வெற்றிடத்தினின்று ஊடேகுயிடவை (மீடியம்) ஒன்றினுள் புகுந்து செல்லும்போதும், ஒருவகை ஊடேகுயிடவையினின்று மற்றொன்றினுள் புகுந்து செல்லும்போதும், முறையே, அவற்றின் வேகங்கள் வேற்றளவுகளாயாகின்றமையின், அவை, முறையே, முதல்வகையிடவை வழியே சென்றுகொண்டிருந்த திக்குகள், பிறகு செல்லும் திக்குகளினின்று முறையே, வேற்றுமையானவையாய் இருப்பன. இரு ஊடேகுயிடவைகளின் இடைப் பரப்பிறகுச் செங்கோணமான திக்கில் ஒளி சென்றுகொண்டிருப்பின், அது ஓரிடவையினின்று மற்றொன்றிற்குக் கடப்பதை யொட்டி, திக்கு வேறுபடாது. அவ்விடைப் பரப்பிற்குச் சாய்ந்தவாறு ஒளி சென்றுகொண்டிருப்பின் அப்பரப்பைக் கடப்பதை யொட்டி அது செல்லும் திக்கு வேறுபடும். அவ்வாறு திக்கு வேறுபடுவதற்கான காரணம் என்ன என்பதைக் கவனிக்கலாம். சாய்ந்துவிழும் ஒளிக்கற்றை பல அலைகளைக்கொண்டது. ஒளி செல்லும் திக்கு அவ்வலைகளின் முன்புறத்திற்குக் குறுக்கையானதாயிருக்கும். கற்றையின் ஓரோரத்திலுள்ள அலை இடைப்பரப்பை அடைந்ததற்குப் பிறகு, சற்று நேரமானவுடன் மற்றோரோரத்து அலை இடைப்பரப்பை அடைகின்றது. அப்போது, முதலில் இடைப் பரப்பைச் சேர்ந்த அலை, இரண்டாம் ஊடேகுயிடவையில் சென்றுகொண்டிருக்கும். அவ்வூடேகு இடவையில் ஒளி செல்லும் வேகம், முதல் ஊடேகு

இடவையில் செல்லும் போதானதைவிடக் குறைந்ததாயிருப்பின், அவ்வலை இரண்டாம் ஊடேகுயிடவையில் செல்லும் தூரம், மற்ற வோரத்து அலை முதல்



படம் 235

ஒளியலை காற்றினின்று நீரினுள் செல்லல்.

1. நாலல் அலைமுற் பரப்பு.
2. ஞெமிர்தல் அலைமுற் பரப்பு.
3. காற்றில் அலை செல்லும் தூரம்.
4. நீரில் அலை செல்லும் தூரம்.
5. நாலல் கோணம்.
6. ஞெமிர்தல் கோணம்.

ஊடேகுயிடவையில் அதே நேரத்தில் செல்லும் தூரத்தைவிடக் குறைவாயிருக்கும். ஆதலின் மற்ற வோரத்து அலை இடைப்பரப்பைச் சேரும்போது, அலைக் கற்றையின் முன்புறம், முதல் ஊடேகு இடவையிலான முன்புறமிருந்த வாட்டத்திற்குச் சாய்ந்ததாயிருக்கும். முன்புறம் சாய்வதை யொட்டி ஒளி செல்லும் திக்கும் வேறுபடும். ஒரு ஊடேகுயிடவையினின்று மற்றொன்றினுள் ஒளி கடக்கும்போது ஏற்படும் திக்கு வேறுபாட்டின் கோணவளவு, அவ்வொளியின் கதிர்கள் இடைப்பரப்பிற்கு எவ்வளவு சாய்ந்துள்ளன என்பதையும், முதல் ஊடேகுயிடவையில் ஒளி செல்லும் வேகத்திற்கும் இரண்டாவதில் அது செல்லும் வேகத்திற்குமான ஒப்புவீதத்தையும் பொருத்து இருக்கும். ஒளி செல்லும் திக்கு இடைப்பரப்புக்குச் செங்கோணமானதாயிருப்பின், அலைகளின் முன்புறப் பகுதிகள் எல்லாம் அப்பரப்பை ஒருங்கே அடைகின்றன. ஆதலின் ஒளிக்கற்றை திக்கு மாறாது இரண்டாம் ஊடேகு இடவையில் செல்கின்றது. இடைப்

பரப்புக்குச் செங்கோணமான வாட்டம், செவ்வையேலுதல் (நார்மல்-Normal) எனப்படும். ஒளிக்கதிர்கள் சாய்ந்தவாறு விழுமாறுனபோது, அவை செல்லும் திக்கிற்கும் செவ்வையேலுதலுக்கும் இடைப்பட்ட கோணம், 'நாலல்கோணம்' (இன்விடண்டு ஆங்கிள்-Incident Angle) எனப்படும். இரண்டாம் ஊடேகு யிடவையில் ஒளி செல்லும் திக்கிற்கும் செவ்வையேலுதலுக்கும் இடைப்பட்ட கோணம் 'ஞெமிர்தல் கோணம்' (ஆங்கிள் ஆப் ரிப்ராக்ஷன்-Angle of Refraction) எனப்படும். நாலல் கோணத்திற்கும் ஞெமிர்தல் கோணத்திற்குமான வேற்றுமைக் கோணம், 'போக்குத் திரிபுகோணம்' (ஆங்கிள் ஆப் டீவியேஷன்-Angle of Deviation) எனப்படும். நாலல் கோணத்தினளவு அதிகமாக, ஆக, ஞெமிர்தல் கோணத்தினளவும் முறையே அதிகரித்துவரும்.

ஒன்றுடனொன்று சாய்வான இரு நேர்க்கோடுகளின் தக்க தொவ் வொன்றான நுனிகள் கூடியொண்ணலால், 'கோணம்' அமைகின்றது. அந் நேர்க்கோடுகள் கோணத்தின் 'சிறைகள்' எனப்படுவன. ஒரு சிறையில் (ஆர்மில்-Arm) எவ்விடத்திலிருந்தாயினும், அதற்கு செங்கோணமானவாறு மற்றொரு நேர்க்கோடிடப்படின், அது கோணத்தின் மற்றொரு சிறையை ஓரிடத் தில் சேரும். இம் மூன்று கோடுகளும் பொருந்தலாலான வடிவம் 'செங்கோண முச்சிறை' (ரைட் ஆங்கிள்டு ட்ரையங்கிள்-Right angled Triangle) எனப் படும். அதில் கோணத்திற்கு எதிராயுள்ளசிறை, 'எதிரொல்லுச்சிறை' (ஆப்போஸிட்டு ஸைட்-Opposite site) எனப்படும். கோணத்தின் சிறைகளில் ஒன்று மற்றொன்றைவிட அதிக நீளமாயிருக்கும். நீண்ட சிறைக்கு 'நெடுவொல்லுச்சிறை' (ஹைற பாடின்யூஸ்-Hypoteneuse) என்று பெயர். மற்ற தற்கு 'பக்கவொல்லுச்சிறை' (அட்ஜஸண்டு ஸைட்-Adjacent side) என்று பெயர். எதிரொல்லுச் சிறையினளவை, நெடுவொல்லுச் சிறையினளவால் வகுப்பதால் பெறப்படும் வீத ஈவு, கோணத்தின் 'வசிவு' (ஸைன்-Sine) எனப் படும். ஓரளவான கோணத்தின் 'வசிவு', அக்கோணத்தின் அளவைப் பொருத்த தாயிருக்கும். 15° என்ற கோணத்தின் வசிவு, 0·2588 ; 30° கோணத்தினது, 0·5 ; 45° கோணத்தினது 0·7071 ; 60° கோணத்தினது, 0·866 ; 75° கோணத்தினது, 0·9659.

கோணத்தின் வசிவு

ஒளிக்கதிர்கள் குறித்தவொரு ஊடேகு யிடவையினின்று குறித்த மற்றொன்றினுள் செல்லும்போது, நாலல் கோணத்தின் வசிவுக்கும் ஞெமிர்தல் கோணத்தின் வசிவுக்குமான ஒப்புவீதம் வேறுபடாமலிருக்கும். அவ்வொப்பு வீதம், அதை யொட்டிய ஊடேகுயிடவைகள் எவ்வெவ்விரண்டானவை, என்ப தைப் பொருத்தவாறு மட்டுமே வேறுபடும். குறித்தவிரு ஊடேகுயிடவை களுக்கான ஒப்புவீதம், அவற்றின் பாற்பட்ட 'ஞெமிர்வுறு இங்கிதம்' (ரிப்ராக்

டிவ் இண்டக்ஸ—-Refractive Index) எனப்படும். ஒளி யலைக்கற்றையின் முன்புறம் ஒரு ஊடேகுயிடவையினின்று மன்றொன்றினுள் செல்லும் முறையென மேலே கூறப்பட்டதைக் கவனித்தால், அலைகளின் முன்புறம் முதல் ஊடேகு இடவையில் முன்னேறும் தூரம், நாலல் கோணத்தினதுவசிவின் வீதமாயும், இரண்டாவது ஊடேகு இடைவையில் அது முன்னேறும் தூரம், ஞெமிர்தல் கோணத்து வசிவின் வீதமாயும், முறையே, இருப்பன, என அறியலாம். அத்தூரங்கள், முறையே, முதல் ஊடேகுயிடவையில் ஒளி செல்லும் வேகத்தின் வீதமாயும் இரண்டாவது ஊடேகுயிடவையில் ஒளி செல்லும் வேகத்தின் வீதமாயும், இருப்பன, எனவும், காணலாம். ஆகவே, குறித்ததொரு ஊடேகு இடவையினின்று குறித்த மற்றொன்றினுள் ஒளி செல்லும் போது, அவ்வூடேகு இடவைகளில், முறையே, ஒளி செல்லும் வேகங்களினது வீதமும், ஞெமிர்வு இங்கிதமும், நிகர்த்தவை, என அறிகிறோம். வெற்றிடத்திற்கும் காற்றிற்குமான ஞெமிர்வு இங்கிதம் (ரிப்ராக்டிவ் இண்டக்ஸ்). 1·000292 ; காற்று நீர், 1·333 ; காற்று-கிளிஸரீன், 1·473 ; காற்று-பாதரஸம், 1·73 ; காற்று-கண்ணுடி, 1·48 முதல் 1·96 வரை (கண்ணுடி ரகத்தையொட்டி) ; காற்று-பனிக்கட்டி, 1·31 ; காற்று-உப்பு, 1·544 ; காற்று-கெம்பு (மாணிக்கம்), 1·76 ; காற்று-ஸ்படிகம் 1·544 ; காற்று-வயிரம், 2·417.

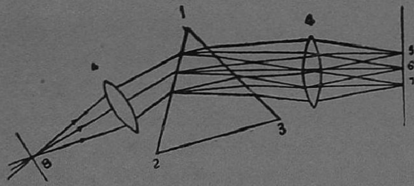
ஞெமிர்வு இங்கிதம்

வெற்றிடத்தில் செல்லும்போது, எல்லா அலை நீளங்களான ஒளிகளும் ஒரேயளவான வேகத்துடன் செல்கின்றன. பருப்பொருளியலான ஊடேகுயிடவை யொன்றின் வழியே ஒளி செல்லும்போது, அம்பொருள்களிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் ஒளி செல்வதை யொட்டி பாதிக்கப்படுகின்றமையின, ஒளியலைகளை யொட்டிய துலித நிரல்மானங்கள் குறைகின்றன. ஆதலின் ஒளி செல்லும் வேகம் குறைகின்றது. வெண்ணொளியில் பல வளவு துலித நிரல்மானங்களான அலைகள் உள்ளன, என, நாம் அறிவோம். பருப்பொருளியலான ஊடேகுயிடவை யொன்றின் வழியே வெண்ணொளி செல்லும்போது, பல நீளங்களான அலைகளின் துலித நிரல்மானங்கள், முறையே வெவ்வேறு வீதங்களில் குறைகின்றன. அலை நீளங்களினளவுகள் வேறுபடுவதில்லை. ஆகவே, பல அலை நீளங்களுக்கான வேகங்கள், முறையே வெவ்வேறளவினவாய் ஆகின்றன. வெற்றிடத்தில் ஒளி செல்லும் வேகத்திற்கும், ஊடேகு பொருளொன்றில் பல வலைகளுக்கான ஒளிகள் செல்லும் வேகங்களுக்குமான வீதங்கள், அலை நீளத்திற்கு அலை நீளம் வேறுபட்ட வளவினவாய் ஆகின்றன. அதையொட்டி, ஞெமிர்தல் இங்கிதங்களும் வெவ்வேறளவினவாய் ஆகின்றன. சிவப்பு ஒளிக்கான ஞெமிர்தல் இங்கிதம் (ரிப்ராக்டிவ் இண்டக்ஸ்) வயலட் ஒளிக்கானதினின்று வேற்றளவானதாயிருக்கும். ஒருவகைக் கண்ணுடியின் ஞெமிர்தல் இங்கிதங்கள் சிவப்பொளிக்கு 1·5145 எனவும், மஞ்சளுக்கு 1·517 எனவும்,

பச்சைக்கு 1·523 எனவும், வயலட்டுக்கு 1·535. எனவும் உள்ளன. பல பொருள்களுக்கான ஞெமிர்தல் இங்கிதங்கள் (ரிப்ராக்டிவ் இண்டக்ஸுகள்) என மேலே குறிப்பிடப்பட்ட அளவுகள், $\frac{1}{43,124}$ அங். அலை நீளமான மஞ்சள் ஒளியை யொட்டியவை.

சப்பட்டைக் கண்ணாடியினூடே ஒளி செல்லல்.

முன்புறப்பரப்புப் பகுதிகள் ஒவ்வொன்றும் பின்புறப்பரப்புப் பகுதிகள் ஒவ்வொன்றினின்றும், முறையே நிகரளவான தூரங்களானவாறுள்ள சப்பட்டைக் கண்ணாடிக் கட்டி யொன்றின் வழியே ஒளி செல்வதைக் கவனிக்கலாம். வெண்ணொளிக் கதிர்கள் முன் பரப்பின் மீது சாய்வாய் விழுகின்றன, எனக் கொள்வோம். அக்கதிர்கள் கண்ணாடியின் வழியே செல்லும்போது, அவற்றின் திக்கு மாறுகின்றது. கற்றையின் வெளியோரத்துள்ள சிவப்பொளிக்கான ஞெமிர்தல் இங்கிதம் குறைந்தும், உட்பக்கமாயுள்ள வயலட் ஒளிக்கானது அதிகமாகவுமுள்ளமையின், செவ்வொளி குறைவாகவும் வயலட் ஒளி அதிகமாகவும் திரும்பும். திரும்பிய திக்குகளிலேயே, அவை, முறையே மற்றொரு பரப்பிற்குச் செல்கின்றன. கண்ணாடியின் வழியே செவ்வொளி செல்லும் தூரம், வயலட் ஒளி செல்வதைவிட அதிகமாயிருக்கும். அவ்விரு தூரங்களுக்கான வீதம், அவ்விரு வொளிகளை யொட்டிய



படம் 235

வண்ணச்சிவணல் பெறல் (**Forming a Spectrum**).

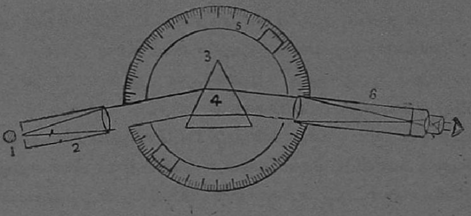
1, 4, 3. முப்பட்டைக் கண்ணாடி (**Prism**).
4, 4, வில்லைகள் (**Lenses**).
5,6,7, வண்ணச்சிவணல் (**Spectrum**).
8. வரிச்சந்து (**Slit**).

ஞெமிர்தல் இங்கிதங்களுக்கான வீதத்தை நிகர்த்தது. செவ்வொளி செல்லும் வேகம் வயலட் ஒளி செல்லும் வேகத்தைவிட ஞெமிர்தல் இங்கிதங்களுக்கான வீதத்தளவு அதிகமாயிருக்கும். எனவே, அதிக நீளமான பாதையில் அதிக வேகத்துடன் செல்லும் செவ்வொளியும், வீதம்மாறாத முறையை யொட்டிக் குறைந்த வேகத்துடனும் குறைந்த நீளமான பாதையில் செல்லும் வயலட்டு

ஒளியும் கட்டியின் மற்ற பரப்பை ஒரே க்ஷணத்தில் அடைகின்றன. ஆங்கு, அவை, முறையே, முன் திரும்பிய அளவுகளேயானவாறு எதிர் வாட்டத்தில் திரும்பி, கண்ணாடியினின்று வெளிப்பட்டுச் செல்கின்றன. அவை செல்லும் திக்கு, முன் பரப்பின்மீது அவை விழுந்த திக்காகவேயிருக்கும். அவை போக்குத் திரிபாயிருக்கமாட்டா (டீவியேட் செய்திரா-**Not Deviated**). ஆயினும், கண்ணாடியில்லாவிடின் அவை போய்க்கொண்டிருக்குமாறான வழியில் இப்போது செல்லா. அவ்வழியினின்று சற்று பக்கவாட்டமான தொன்றில் செல்வன. அவ்வாறு, அவை பக்கவாட்டமாய் விலகுவதற்கு 'மருங்குச் சார்வுறல்' (டிஸ்பிளேஸ்மண்டு-**Displacement**) என்று பெயர்.

முன்பரப்பும் பின்பரப்பும் ஒன்றுடனொன்று சாய்ந்த வாறிருப்பின், அவற்றின் பகுதிகள், முறையே, நிகரிடைத்தூரமானவாறு இருக்கமாட்டா. அத்தூரங்கள் வேறுபட்டவாறிருப்பன. முப்பட்டைக் கண்ணாடியொன்றின் இரு பரப்புகள் ஒன்றுடனொன்று சாய்வானவை. அவ்வாறான பரப்புகளினிடையே ஒளி சென்று வெளிப்படும்போது, என்ன நேரிடும் என்பதைக் கவனிக்கலாம். முதல் பரப்பின்மீது வெண்ணொளி விழுகிறது எனக்கொள்வோம். மேற்கூறப்பட்ட முறையை யொட்டி. வயலட்டு ஒளி அதிகமாகவும் செவ்வொளி குறைவாகவும், திரும்புகின்றன. திரும்பியவை இருபக்கப் பரப்புகளிடையுள்ள கண்ணாடியினூடே செல்கின்றன. அப்பக்கங்கள், மேல்வாட்டமாய் செல்லச் செல்ல அவற்றினிடைத்தூரம், முறையே குறைந்துகொண்டுவருமாறு அமைந்தவை. எனவே, ஒளிக்கதிர்களின் வெளி

முப்பட்டைக் கண்ணாடியினூடே ஒளி செல்லல்.



படம் 237

வண்ணச் சிவணலளவி பொருத்த ரீதி (**Parts of a Spectrometer**),

1. வரிச்சந்து (**Slit**). 2. முன்வில்லைப் பொருத்து (**Collimator**). 3. மேடை (**Platform**). 4. முப்பட்டைக் கண்ணாடி (**Prism**). 5. கோணவளவி (**Scale**). 6. பின்வில்லைப் பொருத்து (**Telescope**).

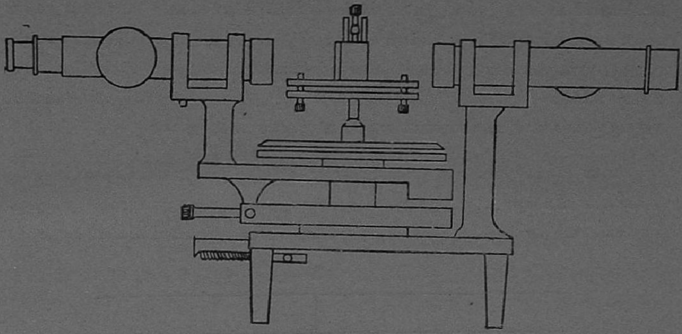
யோரத்துள்ள செவ்வொளி கண்ணாடியின் வழியே செல்லும் தூரம் குறைவாகவும், உட்பாங்கிலுள்ள வயலட்டு ஒளி செல்லும் தூரம் அதிகமாகவும் உள்ளன.

அதிக வேகத்துடன் குறைந்த தூரம் செல்வது, செவ்வொளி; வயலட்டு ஒளி குறைந்த வேகத்துடன் அதிக தூரம் செல்வது. ஆதலின் இரண்டாம் பரப்பை ஒளியலைகள் ஒரே தருணத்தில் அடைவனவாயில. வயலட்டு ஒளி அப்பரப்பினின்று வெளிப்படும் க்ஷணத்தில் செவ்வொளி கண்ணாடியின் வெளியே சற்று தூரம் சென்றிருக்கும். ஒளியலைக் கற்றையின் முன்புறத்தில் செவ்வொளியும் வயலட் ஒளியும் விகுதிகளானவாறு இருப்பன. ஒளிக்கதிர்கள் இரண்டாவது பரப்பினின்று வெளிப்படும்போது, முன்னர் முதற்பரப்பின்மீது விழுந்தபோது திரும்பிய அதே வாட்டத்தில் திரும்புகின்றன. கண்ணாடிக்குள் புகுந்தபோதுண்டான போக்குத்திரிபு கோணமும் (ஆங்கிள் ஆப் டீவியேஷனும்), கண்ணாடியிலிருந்து வெளிப்படும்போது எற்படுவதும் ஒரே வாட்டத்தானமையின், மொத்த போக்குத்திரிபு கோணம், அவ்விரண்டின் கூட்டல் தொகையினளவினதாகும். ஆகவே, முப்பட்டைக் கண்ணாடியினூடே ஒளிக்கதிர்கள் சென்று வெளிப்படலை யொட்டி, அவை போக்குத் திரிபுறுகின்றன, எனக் காண்கிறோம். அவை வெளிப்படும்போது, வெண்ணொளியாயில்லாது, சிவப்பாயும் வயலட்டாயும் அவற்றிற் கிடையான பல நிறங்களாயுமானவாறு தனித்தனியே பிரிந்துள்ளன. வெண்ணொளி பல நிற ஒளிகளாய்ப் பிரிவினையாகும் நிரலுக்கு, ‘மாலையேலுத்தூவல்’ (டிஸ்பர்ஷன்-**Dispersion**) என்று பெயர். செவ்வொளியின் திரிபுக்கோணம் வயலட்டினதைவிடக் குறைந்திருக்கும்.

‘மாலையேலுத்தூவல்’ முறையை யொட்டி, ஓரொளியின் நிறக்கூட்டுப்பான்மை எவ்வாறானது, என, பகுத்தறியப்படும். பரிசீலனை செய்யவேண்டிய ஒளி மெல்லிய சந்தொன்றின் வழியே செலுத்தப்படும். அச்சந்தின் ஓரங்கள் ஒழுங்கான நேர்க்கோடுகளாயிருப்பவை. அதன் உயரவளவு அதிகமாயும், அகலவளவு மிகக் குறைந்தும் இருக்கும். அவ்வாறான குறுகிய சந்து, ‘வரிச்சந்து’ (ஸ்லிட்-**Slit**) எனப்படும். வரிச்சந்தின் வழியே சென்ற ஒளி, அதன்பின், முப்பட்டைக் கண்ணாடி யொன்றின் வழியே செல்லுமாறமைக்கப்படும். முப்பட்டைக் கண்ணாடியினின்று வெளிப்படுவது வெண்திரை யொன்றின்மீது விழும். அவ்வொளியை யொட்டி, வரிச்சந்தின் பிம்பமொன்று திரையில் அமையும். அதற்கு அவ்வொளியின் ‘வண்ணச்சிவணல்’ (ஸ்பெக்ட்ரம்-**Spectrum**) என்று பெயர். திட்டமான வண்ணச்சிவணலை அமைக்கும் பொருட்டு வரிச்சந்துக்கும் முப்பட்டைக் கட்டிக்கும் இடையில் கூம்படைவியல் வில்லையொன்றும், முப்பட்டைக் கட்டிக்கும் திரைக்கும் இடையில் மற்றொரு கூம்படைவியல் வில்லையும் வைக்கப்படுகின்றன. திரையை எடுத்துவிட்டு, அதுவிருந்த இடத்திற்குச் சற்று பின்புறமாய் இன்னொரு கூம்படைவியல் வில்லையை வைத்துவிட்டு, அதனூடே நோக்கினால், ‘வண்ணச்சிவணல்’ சிறப்பாய் கண்ணுறப்

மாலையேலுத்தூவலும் வண்ணச்சிவணலும் (டிஸ்பர்ஷனும் ஸ்பெக்ட்ரமும்.)

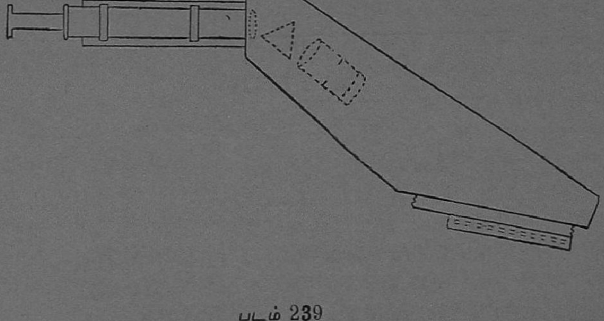
படம். உயர்ந்தரகமான வில்லைகள்-செம்மையாய் இழைக்கப்பட்ட முப்பட்டைக் கட்டி-அது இருத்தப்படுவதற்கான மேடைமல்லம் (பிளாட்பாரம்-**Plat form**), அதன் ஒண்ணற் பதிகளையும், நாலல் கோணம்-போக்குத்திரிபுகோணம் முதலிய வற்றையும் திருத்தமாய் அளவிடுவதற்கான கோணவட்டவளவிகள்-என்றனவும்.



படம் 238

வண்ணச்சிவணலளவி (**Spectrometer**).

அவற்றின் நயத்துதலிள்ளமாடல்களை (டெலிகேட் அட்ஜஸ்டுமெண்டுகளை-**Delicate adjustments**) திட்பமாய்ச் செய்வதற்கான திருகுவஞ்சிதங்களும், இன்னும் பல சாதனங்களும், திருத்தமான நன்முறையில் தக்க தொடுப்பியல



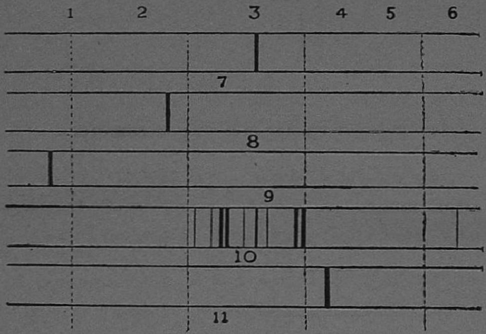
படம் 239

வண்ணச்சிவணல் பேர்றிந்தீ (**Spectrograph**).

லானவாறு அமைக்கப்பட்ட கருவிக்கு வண்ணச்சிவணலளவி (ஸ்பெக்ட்ராமீடர்-**Spectrometer**) என்று பெயர். அக்கருவியின் வழியே நோக்கும்போது,

நமது கண்ணையடுத்திருக்கும் வில்லைக்கு (லென்ஸுக்கு) 'கண்ணிடு நேமி' (ஐபீஸ்-Eye-piece) என்று பெயர். அதைக் கழற்றியெடுத்துவிட்டு, அதற்குப் பதிலாய் கேழ்ப்பொறிப்புப் படம் பிடிக்கும் விதான மூய்வகம் (போட்டா காமிரா-Photographic Camera) ஒன்றை மாட்டினால், வண்ணச்சிவணல்களைப் படமெடுக்கலாம். இவ்வாறு, வண்ணச்சிவணல்களை படம் பிடிப்பதற்கென அமைக்கப்படும் கருவிக்கு 'வண்ணச்சிவணல் பொறித்தி' (ஸ்பெக்ட்ரோகிராப்-Spectrograph) என்று பெயர். வண்ணச்சிவணலளவிகளைக்கொண்டு பலவகையான ஒளிகளை, முறையே, பரிசீலனை செய்து, அவை, முறையே எவ்வெவ்வலை நீளங்களுக்கான நிறங்களாலானவை, என நிலவரப்படுத்தலாம்.

மின்னொளிர் விளக்கு (எலக்ட்ரிக்கு குளோலாம்பு), சுடர்க்கவி விளக்கு (மான்டில் விளக்கு), முதலான வற்றின் வெண்டணல் ஒளியை வண்ணச்சிவணலளவியின் வழியே நோக்கினால், சிவப்பினின்று வயலட்டு வரையான பல



படம் 240-244

வண்ணச்சிவணல்கள் (Spectra).

1. சிவப்பு 2. ஆரஞ்சு.
3. மஞ்கள் 4. பச்சை.
5. நீலம் 6. ஊதா.
7. ஸோடியத்தின் வண்ணச் சிவணல் (Spectrum).
8. லிதியந் தினது. 9. பொடாஷியத்தினது.
10. கால்ஷியத்தினது. 11. தாலியத்தினது.

நிறங்களும், முறையே, ஒன்று முடியுமோரம் அடுத்தது துவங்குமோரத்தில் தோய்ந்து மறையுமாறு தொடர்வாய் அமைந்துள்ள பக்க நீட்சியான பல நிறப் பட்டையைக் கண்ணுறலாம். அது, வரிச்சந்தின் பலநிற பிம்பங்கள், முறையே,

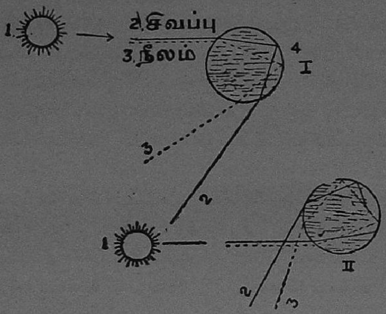
ஒன்றின் பக்கமடுத்ததொன்ருய் அடுக்கப்பட்டவாறு அமைந்துள்ள காட்சி. எனவே, சிவப்பையும் வயலட்டையும், முறையே, அவற்றினிடைப்பட்ட பல நிறங்களேயும் யொட்டிய அலே நீளங்கள் எல்லாவற்றையும் பொருத்தான வொளிகள் நாம் காணும் ஒளியில் உள்ளன, என, அறியலாம். இவ்வகையான வண்ணச் சிவணல் (ஸ்பெக்ட்ரம்) 'தொடர்வண்ணச் சிவணல்' (கண்டினுாயஸ் ஸ்பெக்டரம் **Continuous Spectrum**) எனப்படும். பாதரஸ ஆவி விளக்கை, வண்ணச் சிவணலளவியைக்கொண்டு நோக்கினல், செங்கோடொன்றையும். பிரகாசமாயுள்ள நெருங்கியவிரு மஞ்சட்கோடுகளேயும், எடுப்பான பச்சைக் கோடொன்றையும், மிளிரும் ஊதாக்கோடொன்றையும், ஒரு வயலட் கோடையும் காண்போம். அக்கோடுகளினிடைப் பகுதிகளில் இருள் படர்ந்திருக்கும் அக்கோடுகள், பாதரஸ அணுக்களின் எலக்ட்ரான்தாண்டுதல்களே யொட்டி பயத்தப்படும் ஒளியலேகளேப் பொருத்தனவை. நாம் காணும் கோடுகள் ஒவ்வொன்றும், முறையே, தக்க நிறமிய வரிச்சந்து பிம்பங்களாம். இவ்வாருனது, 'வரிவண்ணச்சிவணல்' (லேன் ஸ்பெக்ட்ரம்-**Line Spectrum**) எனப்படும். ஒவ்வொரு அடிப்பண்டமும் தக்கவாறு கிளர்ச்சியுற்றபோது, அதனதற்கான வரி வண்ணச் சிவணலுரிமையுடன் துலங்கும். எனவே, பொருளொன்று எவ்வெவ் பண்டங்களாலமைக்கப்பட்டது என்பதை, அதன்பாற்பட்ட வரிவண்ணச்சிவணலேப் பரிசீலனே செய்து அறியலாம். இவ்வகையான பகுப்புமுறை, வண்ணச்சிவணலியப் பகுப்புமுறை (ஸபெக்ட்ரம் அனலிஸிஸ்-**Spectrum Analysis**) எனப்படும். இம்முறை யொட்டி, பதினன்கு கோடியிலொரு பங்களவு குன்றிமணி நிறையினதேயான அடிப்பண்டம், ஒரு பொருளிலிருப்பினும், அதுவுள்ளதைக் கண்டுபிடித்துவிடலாம். சிறந்த வண்ணச்சிவணல் பொறித்திகளே (ஸ்பெக்ட்ரோகிராபுகளே)க்கொண்டு, பரிதிபாற்பட்டனவும், மதிபாற்பட்டனவும், உடுக்கள்பாற்பட்டனவும், ஆன ஆராய்ச்சிகள் பல செய்யப்பட்டு அவற்றை யொட்டிய நுட்பப்பான்மைகள் பல அறியப்பட்டுள்ளன; அவ்வகை ஆராய்ச்சிகள் சலிப்பின்றி இன்னும் செய்யப்பட்டு வருகின்றன.

வண்ணச்சிவணலிய பகுப்புமுறை (ஸ்பெக்ட்ரம் அனலிஸிஸ்)

வானவில் 'மாலேயேலுத்தூவல்' (டிஸ்பர்ஷன்) முறையை யொட்டி அமைவது. வானில் ஆங்காங்கு நீர்த்துளிகள் மிதந்துகொண்டுள்ளன. ஒரோரமயம், அவை ஒழுங்குற ஒன்றின் பக்க மொன்ருய்ச் சேர்வன. அப்பொழுது, அவற்றினூடே செல்லும் கதிரவனெளி, மாலேயேலுத்தூவலாகின்றது. (டிஸ்பர்ஸாகின்றது-**Dispersed**); பல நிறங்கள் தோன்றுகின்றன. அப்பல நிற ஒளிகள் துளிகளின் உட்பரப்புக்களினின்று பிரதிபலிக்கப்படுகின்றன. துளிகள் அணியாய் அமைந்துள்ளமையின், பிரதி பலிக்கப்படும் பல நிறவொளி

வானவில்.

யிலுள்ள ஒவ்வொரு நிறமியப்பகுதிகள் ஒவ்வொன்றும் ஒழுங்காய் தத்தம் பான்மையானவற்றுடன் கூடியவாறு அமைகின்றன. வானவில் தோன்றுகின்றது. பிரதிபலிப்பான ஒளியை யொட்டியே, நாம் வானவில்லைக் காண்கிறோம்.



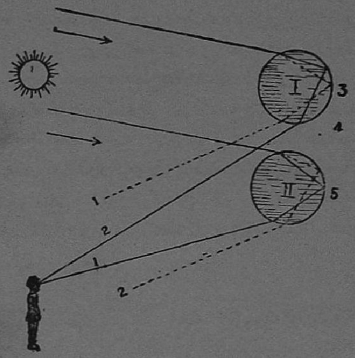
படம் 245

வானவில் அமையும் வழி. துளிகள் வெண்ணொளியை மாலையேலுத் தூவலாக்கல் (**Dispersion.**)

I, II—துளிகள்.
1. சூரியன்.
2, 2, 2, செவ்வொளி.
3, 3, 3, நீலவொளி:

ஆதலின், சூரியனுள்ள இடத்திற்கு எதிர்முகமானவாறு நோக்கும்போதுதான் அவ்வானவில் காணப்படும். போக்குத்திரிபு (டிவியேஷன்) குறைந்த செந்நிறம் அதன் வெளியோரத்திலும், அத்திரிபு அதிகமான வயலட்டு நிறம் அதன் உள்ளோரத்திலும் இருப்பன. இவ்வாறுனது, 'பிரதம' (பிரைமரி-**Primary**) வானவில் எனப்படும். ஒளி துளிகளினுள், முறையே, இருதடவைகள் பிரதிபலிக்கப்படலாம். இதை யொட்டிய வானவில்லில் செந்நிறம் உள்ளோரத்திலும், வயலட்டு வெளியோரத்திலும், இருப்பன. இவ்வாறுனது, உபயவானவில் (ஸெகண்டரி ரெயின்போ-**Secondary Rain-Bow**) எனப்படும். இதைக் காணும்போதும், சூரியன் நமது முதுகுப்புறமாய் இருத்தல்வேண்டும். ஒரோர் போது, இருவிற்களும் ஒரே தருணத்தில் தோன்றுகின்றன. இரண்டாம் வில் முதலாவதின் வெளிவாட்டத்து இருக்கும்; முதல் வில்லளவு துலங்காது; முதலாவதைவிட அதிக அகலமாயிருக்கும். மூன்று தடவைகளும், நான்கு தடவைகளும், முறையே, பிரதிபலிக்கப்படலை யொட்டிய வானவிற்களும் கூட,

அரிதாய்க் காணப்படுவன. இவற்றை, பரிதியுள்ள திக்கில் நோக்கும்போதே, காணலாம். அம்மிருந்த ஒளியிடை, அவை மங்கலாகவேதோன்றுவன. வான வில்லின் பல நிறத்தோற்றத்திற்கான காரணம் என்னவென விளக்கமாயிற்று. சரிதான். வானவில் வட்டவளைவாய் இருப்பதேன்? எனக் கேட்கலாம். வானவில், ஒளிப்பிரதிலிப்பை யொட்டி அமைவது. அவ்வொளி சூரியனி னின்று வருகிறது; நீர்த்துளிகளால் பிரதிபலிக்கப்பட்டு நமது கண்ணில் விழுகின்றது. ஒளிக்கதிர்கள் வரும் திக்கிற்கும், அவை பிரதிபலிக்கப்பட்டு செல்லும் திக்கிற்குமான கோணத்தின் அளவு வேறுபடாதுள்ளது. ஒளிவிழும் திக்கிற்கும் பரப்புக்குமான கோணமும், பிரதிபலிப்பொளி செல்லும் திக்கிற்கும் பரப்புக்கான கோணமும், நிகராயிருப்பன எனக் கூறியுள்ளோம். ஆதலின், நமது கண்ணினின்று ஓரளவுக்கோணச் சாய்வானவாறுள்ள துளிகளினின்று பிரதி பலிக்கப்படும் ஒளியை யொட்டியே, நாம் வானவில்லைக் காண்கிறோம்.



படம் 246

வான்வில் காணப்படும் வழி.

I, II—துளிகள்.
1, 1, 2, 2,—செவ்வொளியும் நீலவொளியும்.
3. துளியின் செவ்வொளி.
4. மற்ற நிறவொளிகள்.
5. துளியின் நீலவொளி.

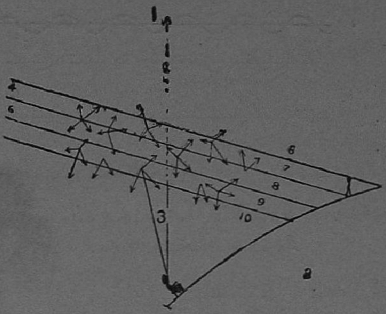
அவ்வாறான துளிகள் வட்டச் சுற்றொன்றின் மீது அமைந்திருத்தல்வேண்டும். எனவே, வட்டவரைவுப் பகுதியின் வடிவமான வில்வளைவினதாய் வானவிற் காட்சியுள்ளது.

ஒளிச்சிதறலும் வானின் நீல நிறமும்.

வான் நீல நிறமாய் இருப்பதேன்? என வினவலாம். விடைதரலாம். கதிரவனொளி பவனத்தினூடே செல்லும்போது, அதில் ஒரு சிறு பகுதி பவனத்தில் பறந்துகொண்டுள்ள நுண் தூள்களின் மீது பட்டு, பல வாட்டங்களிலுமாய் பிரதி பலிக்கப்படுகின்றது. இவ்வாறுவதற்கு ஒளிச் சிதறல் (லைட் ஸ்காட்டரிங்கு-Light Scattering) என்று பெயர். ஒளிச்சிதறலினளவு அலை நீளத்தைப் பொருத்தவாறு, முறையே வேறுபடும். அலை நீளம் குறையக்குறைய, ஒளிச்சிதறலினளவு, முறையே, அதிகமாகிவரும். எனவே, செவ்வொளியைவிட வயலட்டு ஒளி அதிகவளவாய்ச் சிதறடிக்கப்படும். அலை நீளக்குறைவு வீதத்தின் நான் மடக்கையளவாய் ஒளிச்சிதறல் அதிகரிக்கும் வீதம் இருக்கும். செவ்வொளி வயலட் ஒளியைவிட இருமடங்கு அதிகமான அலை நீளத்தினது. எனவே செவ்வொளியைவிட. $2^4 = 16$ மடங்களவு அதிகமாய் வயலட் ஒளி சிதறடிக்கப்படும். சிதறுண்ட ஒளியில் குறைந்த அலை நீளமானவற்றின் அளவே அதிகமாயிருக்கும். வானின் நிறம் அச்சிதறலான ஒளியை யொட்டியே அமைவது. எனவே, அது நீல நிறமாயுள்ளது. சிதறலொளியில்லா இராக்காலத்தில் கருவானையே காண்கிறோம். நீலவானையொட்டி, கடலும் நீலமயமாய்த் தோன்றுகின்றது. சிதறொளியினளவு, பவனத்தினூடே ஒளிவரும் தூரத்தையும் யொட்டியானது. உச்ச வேளையில் அத்தூரம் குறைவாயுள்ளது. காலையிலும் மாலையிலும், அது, அதிகமாயுள்ளது. எனவே, இவ் வேளைகளில் வயலட்டு ஒளியில் பெரும் பகுதி சிதறடிக்கப்பட்டுவிடுகின்றது. மற்ற அலை நீளங்களை யொட்டிய நிறங்களின் இழைக்கையினாலான ஒளிகள் காணப்படுகின்றன.

சோப்பு நீர்க்குமிழ்களும், நீர்மேல் படர்ந்துள்ள மெல்லிய எண்ணெய்ப் படலங்களும், பலவகைச் சிப்பிகளும், முறையே பல நிறங்களினவாய் காணப்படுகின்றன. அவற்றின் நிறங்கள், மெல்லிய படலவமைப்பை யொட்டியே உண்டாகின்றவை. அவை, 'இடையெற்றல்' (இண்டர்பரன்ஸ். Interference) என்ற நிரலை யொட்டி தோன்றுகின்றன. அம்முறையைக் கவனிக்கலாம். சோப் நீர்ப்படலத்தில் ஒருபகுதி வயலட் நிறத்திற்கான அலைநீளத்தில் காற்பங்களவான தடிப்பாயுள்ளது, எனவும், அதன்மீது வெண்ணொளி விழுகின்றது, எனவும் கொள்வோம். வெண்ணொளியிலுள்ள வயலட் நிறப்பகுதி, அப்படலப்பகுதியினின்று பிரதிபலிக்கப்படுவதைக் கவனிக்கலாம். வயலட் நிறவொளியில் ஒரு பகுதி படலப்பகுதியின்மேற் பரப்பினின்று பிரதிபலிக்கப்படும். மற்றொரு ஒளிப்பகுதி படலத்தினுள் சென்று கீழ்ப்பரப்பினின்று பிரதிபலிக்கப்பட்டு வெளியே வரும். அது, அவ்வாறு சென்றுவிட்டு வருவதையொட்டி, அரை அலை நீளவளவு சலனமாகியுள்ளது. அரை அலை நீள தூரம் இடைவெளிப்பட்ட இடங்கள் எதிர்ப்பார்கலிதமானவை (ஆப்போஸிட்டு பேஸானவை-Opposite phases)

எனக் கூறியுள்ளோம். அவற்றில் ஒன்றின் இயக்கத்தை யொட்டியதற்கு, மற்றொன்றினதை யொட்டியதற்கு எதிரானதாயிருக்கும். எனவே எதிர்ப் பார்கலிதமானவாறுள்ள இரு அலைகள் சேனுடங்கு பாடாயின் (ஸூபர்போஸ்)



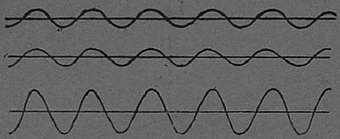
படம் 247

வான் நீலமாய்க் காணப்படல்.

1. வான்; 2. பூமி. 3. காற்றுத்துகள்கள், தூசி முதலியவற்றல் சிதறடிக்கப்படலை யோட்டிய நீல ஒளி 4. 5—வேயில்! 6, 7, மஞ்சள், சிவப்பு ஒளி, 8, 9, 10—பசிசை, நீல, வயலட்டு ஒளிகள்.

ஒன்றின் இயக்கம் மற்றொன்றினதால் ரத்து செய்யப்படும்; அலையியக்கம் நின்றுவிடும். இம்முறையை யொட்டி, சோப் நீர்ப்படலப்பகுதியின் மேற்பரப் பினின்று பிரதிபலிக்கப்படும் வயலட் ஒளியலையும், கீழ்ப்பரப்பினின்று பிரதி பலிக்கப்பட்டு வருவதும், ஒன்றையொன்று ரத்து செய்துகொள்கின்றன. படலப் பகுதியின் தடிப்பு, அதன்மீது விழும் ஒரு நிறவொளியலைகளில் ஒன்றின் நீளத்தில் காற்பங்கு, முக்காற்பங்கு, அந்நீளத்தைவிட ஒன்றேகால் மடங்கு, ஒன்றே முக்கால் மடங்கு, இரண்டே கால் மடங்கு,.....என்ற வற்றில் எதுவாவ தொன்றாயிருப்பினும், அவ்வொளி அலையியக்க மற்றுப்போகும். அதாவது, ஒளி செய்யாது. எனவே, ஓரலை நீளத்தில் காற்பங்களவானதின் மன்மடங்குளி லொன்றாய் (மல்டிபிள்களிலொன்றாய்) ஆன, பாதை வேற்றுமை (பாத் டிபரன்ஸ் **Path Difference**) ப்பட்டவாறு, ஒரேயலை நீளமான ஒளிப்பகுதிகள் இரண்டு ஒன்றிடின், அவை ரத்தாகிவிடுவன, என, அறிகிறோய். அதாவது அவை விழும் இடம், ஒளியற்றதாகும். படலப்பகுதியின் தடிப்பு, அதன்மீது விழும் ஒளியை யொட்டிய அலை நீளத்தில் அரைப் பங்களவினதாயிருப்பின், மேற்பரப் பினின்று பிரதிபலிக்கப்படும் ஒளிப்பகுதியும், கீழ்ப்பரப்பினின்று பிரதிபலிக்கப்

பட்டுவருவதும், ஒரு அலை நீளமான பாதை வேற்றுமைப்பட்டவையாயுள்ளன. எனவே, அவை ஒரே பார்கலிதமானவை. அவை ஒன்றிடும்போது அவற்றை யொட்டிய வீச்சுவரைவுகள் இணைவுறலால், இரட்டிப்பளவான வீச்சுவரைவுடன்

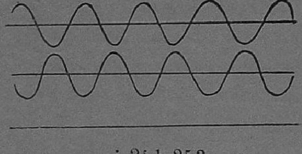


படம் 248-250

ஒரே பார்கலிதமான ஈரலைகள் சேணுடங்கு பாடாகி அதிக வரைவு வீச்சான அலையாயாதல்.

1. முதல் அலைகள்.
2. இரண்டாம் அலைகள்.
3. சேர்வு அலைகள்.

கூடிய அலையொன்றுண்டாகின்றது. அடல்தாறுவின் (இண்டன்ஸிடியின்) அளவு வீச்சுவரைவின் இருமடக்கை வீதமானது. ஆதலின், அவ்வலையின் அடல்தாறு, முன்னுன தொன்ரொன்ரொன்றினதையும்விட நான்கு மடங்காயிருக்கும். அவ்வாறே, படலப்பகுதியின் தடிப்பு, அதன்மீது விழும் ஒளியை யொட்டிய அலை நீளத்தில். அரைப்பங்களவானதின் மன்மடங்குகளிலொன்று



படம் 251-253

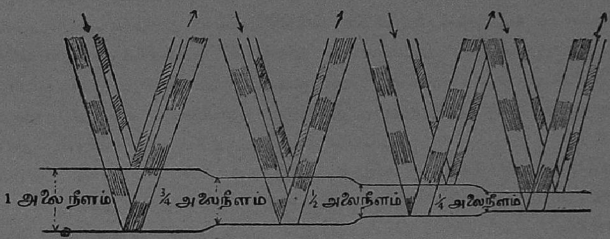
எதிர்ப்பார்கலிதமான ஈரலைகள் சேணுடங்குபாடாகி ஒன்றையொன்று ரத்து செய்துகொள்ளல்.

1. முதல் அலைகள்.
2. இரண்டாம் அலைகள்.
3 சேர்வு விளைப்பாடு.

யான பாதை வேற்றுமைப்பட்டவாறு, அவ்வொளிப்பகுதிகள் இரண்டு ஒன்றிடின், அவை, அடல்தாறுமிக்க ஒரு பகுதியாய் அமைகின்றன. இங்ஙனம்,

ஒருவகை ஒளியின் பாதை வேற்றுமையான இருபகுதிகள் ஒருங்காதலேயொட்டி அவை ஒளியற்ருவது, அடல்தாறுமிக்க ஓரொளிப்பகுதியாகவாவது, ஆகும் நிரலுக்கு, 'இடையெற்றல்' (இண்டர்பரன்ஸ்-Interferene) என்று பெயர். சோப்நீர்ப் படலப் பகுதியின்மீது விழுந்த வயலட்டு ஒளிப்பகுதிகளேக் கவனிப்போம். அவை 'இடையெற்றல்' முறையை யொட்டி ரத்தாய்விடுகின்றன. ஆனல், சோப் நீர்ப்படலத்தின்மீது விழுந்தது, வெண்ணெளி. அதில் வயலட்டைத் தவிர மற்ற நிறங்களும் உள்ளன. அவற்றை யொட்டிய அலே நீளங்கள், முறையே, வயலட்டினதனின்று வேற்றுமையள வானவை. படலப்பகுதியின் தடிப்பு வயலட் ஒளியின் அலே நீளவளவில் காற்பங்கானது; எனவே, அது மற்ற எவ்வலே நீளத்தினதின் காற்பங்களவாக

இடையெற்றல் (இண்டர்பரன்ஸ்.)



படம் 254-257

இடையெற்றல் (Interference) முறை.

¼ அலே நீளம்-இருள்.
½ அலே நீளம்-ஒளி.
¾ அலே நீளம்-இருள்.
1 அலே நீளம்-ஒளி.

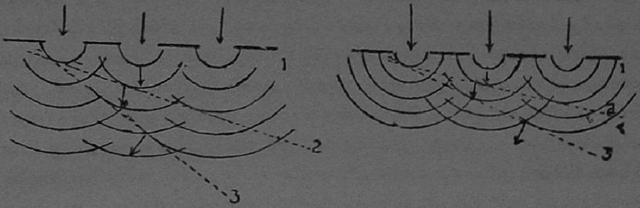
வாயினும் இருக்கமுடியாது. அந்நிறவொளிகளே யொட்டி 'இடையெற்றல்' (இண்டர்பரன்ஸ்) நடைபெறுது. வயலட்டு ஒளிமட்டும் ரத்து செய்யப்படும். அதன் கமங்குயிறலான (காம்ப்ளிமண்டரியான) பசுமை மஞ்சள் நிறம் காணப் படும். படலத்தின் தடிப்பு, பகுதிக்குப் பகுதி வேறுபட்டவளவானது, எனக் கொள்வோம். அதன் மற்ெருரு பகுதியில் செவ்வொளி இடையெற்றலாகி ரத்து செய்யப்பட்டு, அதன் கமங்குயிறலான நீலப்பச்சை நிறம் காணப்படலாம். இவ்வாறே, சோப்நீர்ப்படலத்தின் பகுதிகளில் முறையே வெவ்வேறு நிறத்தின வான ஒளிகளில் இடையெற்றல் நடந்தேறி, அவ்வவற்றை யொட்டிய கமங் குயிறலான நிறங்கள் தோன்றலாம். சோப்நீர்க்குமிழ் எல்லா நிறங்களும்

இலங்கலாகும் எழிலுடன் ஊதப்படுகின்றது. நீர்ப்பரப்பின்மீது எண்ணெய்ப் படலம் படர்வாயுள்ளபோது தோன்றும் நிறங்கள் இடையெற்றல் முறையை யொட்டி உண்டாகின்றவையே. சிப்பிகளின் உட்பரப்புக்களில், கால்ஷியம் கார்பனேட்டு, பல மென்படலங்களாய்ப் படர்ந்திருக்கும். அவற்றின் தடிப்புக் களும் எண்ணிக்கையும், இடத்திற்கு இடம் வேறுபடுகின்றவை. இடையெற்றல் முறையை யொட்டி, அச்சிப்பிகள் பல நிறங்களானவையாய் காணப்படுகின்றன. பிரதிபலிப்பை யொட்டி இடைபெற்றல் ஏற்படுவதைப்போலவே, மெல்லிய படலங்களினூடே ஒளி செல்லும்போதும் இடையெற்றல் நடந்தேறி, பல நிறங் கள் தோன்றலாம்.

இடையெற்றல் முறையை யொட்டி, 'தகைக்கோதுக்கடி நூழைத்தரங்கு' (டைப்ராக்ஷன் கிரேடிங்கு) என்ற சாதனம் அமைக்கப்படுகின்றது. அது, முப்பட்டைக் கட்டிகளைப்போல வண்ணச்சிவணல்களை அமைக்கப் பயன்படுவது. ஓரங்குல இடத்தில் பதினையாயிரம் கோடுகள் அடுத்தடுத்து நுண்ணிடை வெளிவிட்டவாறு கீறப்பட்டுள்ள கண்ணாடிப்பட்டையொன்று தகைக்கோதுக் கடிநூழைத்தரங்கு (**Diffraction grating**) எனப்படும். வரிச்சந்தொன்றின் வழியே வரும், ஒரு நிறவொளிக் கதிர்கள், அக்கடி நூழைத் தரங்கொன்றின் பரப்புக்கு செவ்வை யேலுதலானவாறு (நார்மலாக) விழுகின்றன எனக் கொள்வோம். ஒளியலைகள் நுண்ணிடை வெளி களினூடே சென்றபின், முறையே, ஒவ்வொரு இடைவெளியின் இருபக்கங்களிலுமாய் வட்டணையானவாறு முன்னேறு கின்றன. பரப்பிலிருந்து, முறையே, ஒரு அலைநீள தூரத்திலுள்ள பகுதிகள் எல்லாம் ஒரே பார்கலிதமானவை (ஸேம் பேஸானவை-**Same phase**). ஆதலின் அவை கூடியதாலான அலைக்கற்றையின் முன்புறம், திசைமாறாது முன் செல்லும். ஒரு இடைவெளியினின்று பரவி, ஒரு அலைநீள தூரம் வரை சென்ற பகுதியொன்றும், அடுத்ததிலிருந்து பரவி, இரண்டு அலைநீள தூரம்வரை சென்ற இரண்டாம் பகுதியும், அதற்கடுத்ததிலிருந்து பரவி, மூன்று அலைநீள தூரம் வரை சென்ற மூன்றும் பகுதியும், இன்னும் இவ்வாறே, ஓரலை நீளத்தளவின் மடங்கான (மல்டிபிளான) தூரம் வரை முறையே, சென்றுள்ள பகுதிகளும் ஒரே பார்கலிதமானவையானமையின், அவை எல்லாம் ஒரு பரப்பின்மீது அமை கின்றன. எனவே அப்பரப்பு முன்புறமான ஒளியலைக் கற்றையொன்று, அதற்கு செவ்வை யேலுதலான திக்கில் முன்னேறும். ஒன்று, மூன்று, ஐந்து......என்ற ஒழுங்கிலான அலைநீளத் தூரத்தினவான பகுதிகள் அமைந்த முன்புறமான ஒளியலைக் கற்றை யொன்றும் அதற்கான திக்கில் செல்லும் ஒன்று-நான்கு ஏழு......என்றவையும், இன்னு பலவும் அமையலாம். எனவே வரிச்சந்தின் பிம்பங்கள் பல, வெவ்வேறான போக்குத் திரிபுகளானவாறு, அமைக்கப்படுவன.

தகைக்கோதுச்சாலகத் தரங்கு (டைப்ராக்ஷன் கிரேடிங்கு).

மேற்கூறப்பட்டவாறான விளைப்பாடு, (எபக்ட்) செயல் முறையை யொட்டிய சோதனைவாயிலாய் காட்டக்கூடியதேயாம். அவ்விளைப்பாட்டிற்கு 'தகைக்கோதுதல்' (டைப்ராக்ஷன்-**Diffraction**) என்று பெயர். ஒளி சரித்திருத்தமான நேர்க்கோடுகளில் செல்லும் தன்மையினதாயின், 'தகைக்கோதுதலான விளைப்



படம் 258-259

தகைக்கோதுச்சாலகத் தரங்களணி (Principle of Diffraction Grating).
இரண்டு அலைநீளங்களை யொட்டியவை காட்டப்பட்டுள்ளன.

1. நேரே செல்பவை.
2. முதலணி வண்ணச்சிவணலை யொட்டியவை.
3. இரண்டாமணி வண்ணச்சிவணலை யொட்டியவை.

பாடுகள் அமைதலாகா. எனவே, ஒளி தகைக்கோதுதலாகும் தன்மையினதாயுள்ளமையின், அது அலையியக்க முறையை யொட்டி இசைக்கப்படுமொன்றாயிருத்தல் வேண்டுமென, ஏற்பட்டது. தகைக்கோதுக்கடிநூழைத்தரங்கின்மீது விழும் ஒளி பல அலைநீளங்களைக்கொண்டதொன்றாயிருப்பின், கடிநூழைத் தரங்கிற்கு செவ்வையேலுதலான திக்கில் செல்லும் ஒளியலைப்பரப்பு அவ்வாறே முன்னேறும். அத்திசையில் செல்லும் ஒளி, கடிநூழைத்தரங்கின்மீது விழுந்த இழைக்கைவகையான ஒளியாகவேயிருக்கும். மற்ற திசைகளில் செல்லும் பரப்புக்கள் அவ்வாறு இருக்கமாட்டா. இழைக்கை ஒளியின் பாற்பட்ட ஒவ்வொரு அலைநீளத்திற்குமான பரப்புக்கள் பல, முறையே அமைகின்றன. ஒவ்வோரலை நீளத்தை யொட்டியும், முறையே, 1, 2, 3, 4...என்ற அலைநீளத் தூரங்களை யொட்டிய பரப்புக்களும், 1, 3, 5, 7, என்றவையும், மற்றவையும், அமைகின்றன. எனவே, ஒவ்வோர் அலைநீளத்தை யொட்டிய, 1, 2, 3, 4... என்ற அலைத்தூரங்களுக்கான பரப்புக்கள் பக்கம் பக்கமாய்ப் பொருந்தி, வண்ணச்சிவணல் ஒன்றை அமைப்பன; அவ்வாறே, 1, 3, 5, 7...என்ற அலைநீளங்களை யொட்டிய பரப்புகளமைந்த மற்றொரு வண்ணச்சிவணல் ஏற்படும். இன்னும் பல வண்ணச்சிவணல்களும் அமையலாம். 1, 2, 3, 4...என்றதை யொட்டியது, முதலணி வண்ணச்சிவணல் (**First order Spectrum**) எனப்

படும். 1, 3, 5, 7...என்றதை யொட்டியது, 'இரண்டாம் அணி வண்ணச் சிவணல்,' எனப்படும். இம்முறையை யொட்டியே, மற்றவையும் குறிப்பிடப் படுவன. சாதாரணமாக, இரண்டு அணிகளுக்குமேல் தெரிவதில்லை. முதல் அணி வண்ணச்சிவணலின் பரவலைவிட இரண்டாவதினது அதிகமானது. இன்னும் அதன் பாற்பட்ட ஒளியளவும் குறைந்தது. ஆதலின், அது பிரகாச மாயிருக்காது. மூன்றாவது மிகவும் மங்கலாயிருக்கும். கடிநூழைத்தரங்கின்மீது விழும் ஒளி மிகவும் பிரகாசமானதாயிருந்தால், மூன்று மணி தெரியும். நான்காவது தெரியாது. இன்னும், முதல் அணி, இரண்டாம் அணி . என செல்லச் செல்ல பரவல் அதிகமாகின்றமையின் மூன்றாவதும் நான்காவதும் விரவிவிடுகின்றன. அவை திட்டமான வரம்புப் பிரிவுகளின்றியிருப்பன. செவ்வொளியின் அலைநீளம் வயலட்டினதைவிட அதிக வளவானமையின், தகைக்கோதுகடிநூழைத் தரங்கைக்கொண்டு அமைக்கப்படும் வண்ணச்சிவண லில், செவ்வொளியின் போக்குத் திரிபுக்கோணம், வயலட்டினதைவிட அதிக வளவாயிருக்கும். முப்பட்டைக்கட்டி யொன்றால் அமைக்கப்படும் வண்ணச்சிவண லில் வயலட்டின் போக்குத் திரிபுக்கோணம் சிவப்பினதைவிட அதிகமாயிருக் கும், எனக் கூறயுள்ளோம். மிக மெல்லிய இடுக்குகள் பல இடைவிட்ட வரிசை யாய்ப் பொருந்தியுள்ள எவ்வமைப்பும் 'தகைக்கோது' (டைப்ராக்ஷன்) முறை யையொட்டி வெண்ணொளியைப் பல நிற ஒளிகளாயானவாறு காட்டும். கண்ணி மையின் மயிர்களினிடையுள்ள நுண் சந்துகளின் வழியே வெண்ணொளியை நோக்கினால், அது பல நிறங்களுடனுள்ளதைக் காணலாம். மயிற்றோகையில் தோற்றமாகும் பல நிறங்களும் தகைக்கோது முறையை யொட்டித் தோன்று கின்றவையே. மயிலிறக்கையை விகுதியாய்ப் பார்க்கும்போது, அதில் அந்நிறங் களைக் காணமுடியாது. அதனிறகில் விதவித நிறங்களுக்கான சாந்துப்பொருள் கள் இல்லை. வெண்ணொளியைப் பகுத்து பல நிறங்களாய்க் காட்டியே, காலை ஞாயிற்றின் சாய்ந்த கிரணங்கள் தன் மீது படும்படி தோகை விரித்தாடும் மயில் நம்மை மயக்குகின்றது. தட்டாரப் பூச்சிகளும் வண்ணாத்திப் பூச்சிகளும் சிலவகை வண்டுகளும் இன்னும் பலவும், அவற்றின் இறகுப் பகுதிகளிலுள்ள மென் காம்புக் கீற்றுகளாலமைக்கப்பட்ட கடிநூழைத்தரங்குகளை யொட்டியே, பல நிறத்தினவாய் காணப்படுகின்றன.

பவனத்தில் பறந்துகொண்டுள்ள சின்னஞ் சிறு தூள்களின்மீது படும் ஒளி நாலுப்பக்கங்களிலுமாய் சிதறடிக்கப்படும், எனக் கூறியுள்ளோம். அவ்வாறு சிதறடிக்கப்படும் ஒளிப்பகுதிகள், சிதறடிக்கப்படுவதற்கு முன்னும், சிதறடிக்கப் பட்ட பின்னும், முறையே, அவ்வவற்றிற்கான அலைநீளங்கள் மாறுபடாத வாறாகவே உள்ளன. அவ்வகைச் சிதறலுக்கு, 'தூள்பட்டுச் சிதறல் (பார்டி கின்ஸ் காட்டரிங்கு) என்று பெயர். ஒளி, மூலத்துகள்கள்மீது உறைப்பதை யொட்டியும் சிதறடிக்கப்படலாம். அவ்வாறானதற்கு,' மூலத்துகளயர்ச்

சிதறல் (மாலிக்யூலர் ஸ்காட்டரிங்கு-Molecular Scattering) என்று பெயர்.

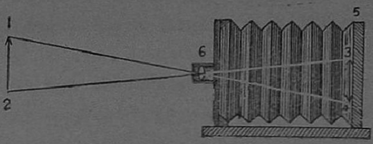
இராமவண்ணச்சிவணல் மூலத்துகளயர்ச்சிதறலை யொட்டி, சிதறடிக்கப் படும் ஒளியில் ஒரு பகுதி, அது முன்னுன அலைநீளத் தினின்று வேறுபட்டதொன்ருய் ஆகலாம். ஐயாயிரம் மெழுகு வத்தித்திறனுன (5000 C P.) இரச மின்வளை விளக்கொன் றின்முன் (Mercury Arc Lamp) 'நிறவடிகட்டி' என்ற நிறவுறிப்பளிங் கொன்று வைக்கப்படுகின்றது. நிறவடிகட்டியினூடே சென்று வெளிப்படும் ஒளி ஏகவண்ணவொளியாய் இருக்கும். அவ்வொரு நிறம் எவ்வலை நீளத்தை யொட்டியதாயிருத்தல் வேண்டும் என்பதைப் பொருத்தவாறு தக்கனவான நிறவடிகட்டிகள் அமைக்கப்படுகின்றன. நாம் குறிப்பிடும் சோதனை செய்யப் பட்டபோது, பாதரஸத்தின் பாற்பட்ட அலைநீளங்களிலொன்றை யொட்டிய வயலட் ஒளியை மட்டும் வெளிப்படுத்தும் வகையான நிறவடிகட்டியொன்று உபயோகிக்கப்பட்டது. அவ்வொரு நிற ஒளிக்கதிர்கள் வில்லை யொன்ருல் கூம்படைவாக்கப்பட்டு, குழாயொன்றினுள் வைக்கப்பட்ட ஊடுகாணியலான பொருளொன்றின்மீது கூடிப்பொருந்துமாறு செய்யப்பட்டன. அப்பொருளி னூடே சென்று வெளிப்பட்ட ஒளி வண்ணச்சிவணல் பொறித்தி யொன்றினுள் புகுமாறு அமைக்கப்பட்டது. பல மணி நேரம் வரை, அவ்வொளி கேழ்ப் பொறிப்புப் படத்தட்டில் (போட்டோ பிளேட்டில்) பதியுமாறு விட்டு வைக்கப் பட்டது. பிறகு, அப்படத்தட்டு (பிளேட்டு) அலம்பப்பட்டது. அதில் விழுந் திருந்த படம் சோதிக்கப்பட்டது. அதில் பொறிக்கப்பட்டிருந்த வண்ணச் சிவணல் படத்தில், ஒரு நிற ஒளியின் பாற்பட்ட அலைநீளத்தை யொட்டிய கோடு அழுத்தமாகவும், அதன் பக்கத்தில் வேறளவு அலைநீளங்களை யொட்டிய கோடுகள் சில மங்கலாகவும் அமைந்திருந்தன. எனவே, மூலத்துகளயர் சிதறலை யொட்டி, அவற்றின்மீது விழும் ஒளியின் அலைநீளமானதைத் தவிர வேறு பல அலைநீளங்களான ஒளிகளும் விளைவிக்கப்படுகின்றன, என, நிலவரமாயிற்று. இங்ஙனம், மூலத்துகள்களையும் ஒளியையும் யொட்டியான தொடர்பியல் நிரலுக்கு, 'இராம விளைப்பாடு' (ராமன் எபக்டு-Raman Effect) என்று பெயர். ஒரு பொருளினூடே செலுத்தப்பட்ட ஒளியின் பாற்பட்ட வண்ணச் சிவணல், அந்நிரலை யொட்டிய தொன்ருயின், அது, இராம வண்ணச்சிவணல் (Raman Spectrum) எனப்படும். இராம விளைப்பாடு எந்நிமித்தம் நிரலா கின்றது, என, விளக்கப்பட்டுள்ளது. அடல்தாறு (இண்டன்ஸிடி) மிக்க ஒரு நிறவொளி ஒரு பதார்த்தத்தின்மீது நெடுநேரம் வீழ்ந்து உறைப்பதை யொட்டி, அப்பொருளின் மூலத்துகள்கள் இடையருது கிளர்ச்சியுறுகின்றமையின், அவற்றின் எலக்ட்ரான் தாவல்களினுடங்கான சக்தியியல் மாற்றங்கள் பயத்தப் பட்டு, குவாண்டங்கள் சில தனிப்படுகின்றன. இவ்வாறுண்டாகும் குவாண்டம் ஒன்றின் பாற்பட்ட சக்தியளவு அதிகமாயிருக்காது. எனவே, அது குறைந்த

(இன்ப்ராரெட்டு)க் கதிர்களை யொட்டிய அலைநீளங்களிலொன்றின் பாற்பட்ட தாயிருக்கும். கிளர்ச்சியால் விளைவிக்கப்படும் குவாண்டங்களும் பொருளின்மீது விழும் ஒரு நிற ஒளியின் பாற்பட்ட குவாண்டங்களும் இணையுறலால், அதிக வளவுச் சக்தியான குவாண்டங்கள் பயத்தப்படலாம். அவ்வாறானபோது, ஒருநிற ஒளியினதைவிடத் துலித நிரல்மானம் அதிகமான ஒளி உண்டாகும். அதன் அலைநீளம் ஒரு நிறவொளியினதைவிடக் குறைந்திருக்கும். கிளர்ச்சி செய்வதற் கென வேண்டப்படும் குவாண்டங்கள், ஒரு நிறவொளியினின்று எடுத்துக்கொள் ளப்படலாம். அப்போது ஒரு நிறவொளியின் துலித நிரல்மானத்தைவிடக் குறைந்ததை யொட்டிய ஒளி உண்டாகும். அதன் அலைநீளம் ஒரு நிறவொளி யினதைவிட அதிகமாயிருக்கும். ஆகவே, இராம விளைப்பாட்டை யொட்டி, ஒரு நிற ஒளியினின்று, அதன் அலைநீளத்தைவிடக் குறைந்தனவும், அதிகமான வும், ஆன அலைநீளங்களைக்கொண்ட ஒளிகளை, முறையே, உண்டாக்கலாம், எனக் காண்கிறோம். அவ்வாறு விளைந்த ஒளியொன்றின் துலித நிரல்மானம், கிளர்ச்சி செய்த ஒளியினதினின்று, கிளர்ச்சியுற்ற பொருளை யொட்டிய இமைத்தலிலாச் (இன்ப்ரா) சிவப்புக் கதிர்கள் பாற்பட்ட ஒளியொன்றின் துலித நிரல்மான வளவு வேறுபட்டிருக்கும், எனவும் அறிகிறோம். அவ்வாறு அறியப்பட்ட விதியியல் முடிவு, சோதனைவாயிலாயும் நிரூபிக்கப்பட்டது. 4358·3 யூனிட்டு கள் [ஒளியின் அலைநீளங்களை அளவை செய்வதற்கான யூனிட்டு, ஆங்குஸ்ட்ராம் (**Angstrom**) யூனிட்டு எனப்படுவது. அது 10^{-8} ஸெ. மீ (பத்துகோடியிலொரு பங்கு ஸெண்டி மீடர்) நீளமானது. அது சாதாரணமாக, ஆ. யூ. (A. U.) எனக் குறிப்பிடப்படும்); 1 அங் = 2·54 ஸெ. மீ.] அலைநீளமான வயலட் ஒளியை சாம்பிராணித்தைலத்தின் (பென்ஜீனின்) ஊடே செலுத்தியதை யொட்டியான இராம வண்ணச்சிவணலில், அவ்வலை நீளத்திற்கான கோட்டைத் தவிர, வேறு ஐந்து கோடுகள் காணப்பட்டன. அவற்றில் அழுத்தமாய் அமைந்த தொன்றின் அலைநீளம், 4555·1 ஆ. யூ, என அளவிடப்பட்டது. 4358·3 ஆ.யூ., என்ற அலைநீளத்திற்கான துலித நிரல்மானம், $\frac{3 \times 10^{10}}{4358{\cdot}3 \times 10^{-8}}$ (ஒளியின் வேகம், ஸெகண்டிற்கு, 3×10^{10} ஸெ. மீ.) = 6·88 கோடானுகோடி; 4555 1 ஆ. யூ. என்றதற்கானது, 6·583 கோடானுகோடி. இரண்டிற்குமான வேற்றுமை, $(6{\cdot}88 - 6{\cdot}583) = 0{\cdot}297$ கோடானுகோடி. இத்துலித நிரல் மானத்தை யொட்டிய அலைநீளம், 1009 ஆ. யூ., பென்ஜீனின் இன்ப்ராச் சிவப்பு வண்ணச்சிவணலில், 1009 ஆ யூ. அலைநீளத்தை யொட்டிய கோடு உள்ளது.

கேழ்ப்பொறிப்பு விதான மூய்வகம் (போட்டோக்காமிரா-**Photographic Camera**) கண்ணின் அமைப்பு முறையை யொட்டி அமைக்கப்பட்ட கருவி. கொல்லன் துருத்தியிலுள்ளதைட்போல நீளவும் குறுகவும் கூடிய பல தோல்

சேழ்ப்பொறிப்பு விதான முய்வகம் (போட்டாக் காமிரா).

மடிப்புக்களாலான பக்கங்களைக்கொண்டதும், உள்ளிடம் இருண்டுள்ளதும், ஆன பெட்டியொன்றின் முன்புறத்தில் கண்ணாடி வில்லை (லென்ஸ்) ஒன்று பொருத்தப்படும். அவ் வில்லை திட்டமானதொரு கூம்படைவுத்திறனுளது. நமது கண்ணின் படிகவாணவில்லையைப்போல், பல் வேறான கூம்படைவுத் திறன்களாயானவாறு அது உப்பவும் மெலியவும் முடியாதது. கண்வில்லையின் முன்புறத் திறப்புத்தக்க வளாவாயிருக்கும்படி அமைக்கும் தாரைச் சாயையேடு (ஐரிஸ்) உள்ளதைப்



படம் 260

சேழ்ப்பொறிப்பு முய்வகம் (**Photographic Camera.**)

1, 2, படம் எடுக்கப்படும் வஸ்து. 3, 4, வஸ்துவின் பிம்பம்.
5. இருள் சோருத முடிப்பேழை (**Darkslide**) 6. வில்லை.

போலவே, காமிராவில்லையின் முன்புறத் திறப்பினளவைத்தக்கவாறு மாற்றி வருவதற்கான ‘துளைவரம்புவிள்ளலி’ (டயாப்ரம்-**Diaphragm**) என்ற அமைப்பு உள்ளது. காமிராவின் பின்புறத்தில் பிம்பம் விழுவதற்கான ‘வெண் தேய்க்கண்ணாடித் தட்டம் (கிரவுண்டு கிளாஸ் பிளேட்டு-**Ground Glass Plate**) உள்ளது. தோல் மடிப்புக்களைத் தக்கவாறு சுருக்கலாலும் விரித்தலாலும் பிம்பம் விழும் தட்டம் வில்லையிலிருந்துள்ள தூரம் தக்கவாறு வேறு வளவுகளாயிருக்கும்படி அமைக்கலாம். இதை யொட்டி, காமிராவுக்கு முன் பலவாறான தூரங்களிலுள்ள வஸ்துக்களின் பிம்பங்கள், முறையே, கண்ணாடித் தட்டத்தில் விழுமாறு செய்யப்படலாம். அப்படிச் செய்வதற்கு ‘தலமொல்லல் (போகஸிங்கு **Focussing**) செய்தல்’ என்று பெயர். நமது கண்ணில் நாட்ட எடகத்திற்கும் வில்லைக்குமான இடைத்தூரத்தினளவு மாற்றமுடியாதவாறு இருப்பதால், வில்லையின் கூம்படைவுத்திறனைத் தக்கவாறு மாற்றிக்கொள்வதை யொட்டி, ‘தலமொல்லல்’ செய்யப்படுகின்றது. கண்ணின் நாட்ட எடகத்தை யொத்தமைந்த காமிராவின் பிம்பம் விழும் தட்டம், வில்லையின்றுள்ள தூரம் தக்கவாறு வேற்றளவுகளாய்க் கொண்டுவருவதை யொட்டி, அதில் தலமொல்லல் செய்யப்படுகின்றது. காமிராவில்லையின் முன்புறம் திறப்பாகவாயினும் அடைப்பாகவாயினும் இருக்குமாறு செய்வதற்கான ‘சடமூய்ப்பி’ (ஷட்டர்-**Shutter**) ஒன்று, வில்லையின் முன், கண்ணிமையைப்போல அமைந்துள்ளது. காமிராக்

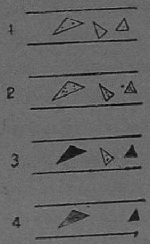
களுக்குப் பொதுவான அமைப்பு முறை எவ்வாறுனது, எனவே மேலே கூறினேம். சிறந்த முறையில் படம் எடுப்பதற்கென உபயோகிக்கப்படும் காமிராக்களிலுள்ள பகுதிகள் மிகத் திருத்தமானவாறு பொருத்தப்பட்டிருப்பன. வில்லை, சிறந்த வேலைப்பாடானதாயிருக்கும்; திட்டமான மிகச் சிறிதளவான நேரங்களுக்கு (ஆயிரத்திலொரு பங்கு ஸெகண்டு வரைகூட), முறையே, தாமாகவே நிரலாகி (ஆடோமாடிக்காய்) திறந்து மூடும் வகையான கடமூய்ப்பிகள் பொருத்தப்பட்டிருப்பன; இன்னும் பல நுட்பச்சாதனங்களும் அமைக்கப்பட்டவை. போட்டோப்படம் எடுக்கப்படுவதற்கான, மருந்து பூசப்பட்ட பொறித்தட்டம் (ஸென்ஸிடிவ் பிளேட்-Sensitive Plate) உள்ளே ஒளிபுகவொட்டாத தட்டைப்பேழை யொன்றினுள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அப்பேழைக்கு 'இருள் சொருகு மூடிப்பெட்டகம்' (டார்க்கு ஸ்லேடு-Dark Slide) என்று பெயர். அதன் முன்புறத்தில் சொருகுப்பட்டை மூடியொன்றிருக்கும், இருள்பெட்டகம் (டார்க்கு ஸ்லேட்) காமிராவிலேயே பொருத்தப்பட்டிருக்காது. அது தனியாக ஓரிடத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும். அது, பொறித்தட்டம் (ஸென்ஸிடிவ் பிளேட்), ஏற்றப்பட்டு (லோட் செய்யப்பட்டு-Loaded) கைவாட்டத்தில் தயாராக இருப்பது. போட்டோ எடுக்கப்படவேண்டிய வஸ்துக்காயினும் பேர்வழிக்காயினும் முன் தக்க தூரத்தில் காமிரா நிறுத்தப்படும் ஒளியளவுக்குத் தக்கவாறு துளைவரம்புவிள்ளலி (டயாப்ரம்) திருத்தமாய் அமைக்கப்படும். பிறகு, தேய்க்கண்ணடித் தட்டத்தில் பிம்பம் விழுமாறு, காமிரா தலமொல்லல் (போகஸிங்கு) செய்யப்படும். அதன்பிறகு அக்கண்ணடி எடுத்துவிடப்படும். அதுவிருந்த இடத்தில் 'இருள்பெட்டகம்' (டார்க்கு ஸ்லேட்) சொருகப்படும். கடமூய்ப்பி (ஷட்டர்) மூடப்படும். பெட்டகத்தின் சொருகுமூடி மேலேயிருத்தப்படும். கடமூய்ப்பி திறப்பாக்கப்பட்டு மூடப்படும். போட்டோப் படம் பிடிக்கப்பட்டுவிடும்: சொருகுமூடி கீழே இறக்கப்படும். இருள்பெட்டகம் காமிராவினின்று கழற்றி யெடுக்கப்படும்.

பொறித்தட்டத்தின் மீது, சாந்தவம் (கெலாடிக்-Gelatin என்ற) ஊன் பசையும், வெள்ளி புரோமைடு என்ற பொருளும் கலந்து குழைக்கப்பட்ட தனுலான சாந்து பூசப்பட்டிருக்கும். இருட்டறையில் ஒளிபடாதவாறு அப்பூச்சுத் தொழில் செய்யப்படும். காய்ந்த பிறகு, அத்தட்டங்கள் ஒளிபுகாதவாறு பெட்டிகளில் அடுக்கப்பட்டபின் அப்பெட்டிகள் மூடப்படுகின்றன. அவை வேண்டப்படும் இடங்களுக்கு அனுப்பப்படுகின்றன. இவ்வாறுன தட்டமொன்றிலேயே, நாம் மேற்கூறியவாறு, போட்டோப் படம் பிடிக்கப்பட்டது. போட்டோ பிடிக்கப்பட்ட வஸ்துவின், அன்றி, பேர்வழியின் பிம்பம் அதில் விழுந்திருக்கும். பொறித்தட்டத்தின்மீது (ஸென்ஸிடிவ் பிளேட்டின்மீது) பரவலாயுள்ள வெள்ளி புரோமைடின் நினைகள் மீது ஒளிபடும்போது, அவை ஒவ்வொன்றிலுமுள்ள மூலத்துகளில் ஒன்றினது அன்றி, இரண்டினது அன்றி பலவினது, சக்தியளவு அதிகப்படுகின்றது. அவ்வாறு அதிகப்படுவதற்கான காரணம் என்னவென

தெரியற்செய்கை முறையை யொட்டி இதுகாறும் அறியப்படவில்லை. சக்தி யதிகப்பட்ட மூலத்துகள்கள் சிதிலமாகின்றன; அவையிருந்த இடங்களில் மிக

போட்டோப்படம் நிலைப்படல்.

நொய்யான வெள்ளிப்பொடி படிகின்றது. ஒளி அதிகமாய் விழுந்த இடங்களில் வெள்ளிப்பொடி அடர்த்தியாய்ப் படிந்திருக்கும். ஒளி குறைவாய் விழுந்த இடங்களில் வெள்ளிப்பொடி சற்றே படிந்திருக்கும். ஒளியே விழாத பகுதிகளில் வெள்ளிப்பொடி படிந்தேயிருக்காது. அவ்வவ்விடங்களில் விழுந்த ஒளிகளின் அளவுகளுக்குத் தக்கவாறு, முறையே, ஆங்காங்கான வெள்ளிப்பொடி படிவின் அடர்த்தியளவுகள் இருப்பன. இருட்டறைக்குள், படம் விழுந்த தட்டத்தை எடுத்துச் சென்று செவ்வொளியில் அதைப் பார்த்தால், மேற்கூறப்பட்டவாறான வெள்ளிப்பொடி படிவுகள் அதில் காணப்பட மாட்டா. செவ்வொளிபடுவதால், வெள்ளி புரோமைடு சிதிலமாவதில்லை. அதனாலேயே போட்டோ பிளேட்டுகளைக் கையாளும்போது செவ்வொளி விளக்குகள்



படம் 261

போட்டோப்பட பிலிம்.

1. வெள்ளி புரோமைட்படிக முநவிகள்.
2. ஓரத்திலான இரண்டில் ஒளி வீழ்ந்தபின்.
3. டேவலப் செய்யப்பட்ட பிறகு. 4. படம் வூன்றப்பட்ட பிறகு.

உபயோகிக்கப்படுகின்றன. தக்க மருந்துக் கரையம் ஊற்றப்பட்டுள்ள அகல் கிண்ணத்தில் (டிஷ்ஷில்-**Dish**) போட்டோப் படம் பிடிக்கப்பட்ட பிளேட்டு தோய்க்கப்படுகின்றது. அவ்வாறு செய்யப்படல், 'வளாவற் செய்யப்படல்' (டெவலபிங்கு-**Developing**), எனப்படும். வளாவற் செய்யப்படும்போது (டெவலப் செய்யப்படும்போது), ஒளிபடலை யொட்டி சிதிலமாக்கப்பட்ட வெள்ளி புரோமைட் பகுதிகளினின்று தனிப்பட்ட புரோமின், வளாவல் கரையத்தில் (டெவலபரில்-**Developer**) கலந்துவிடும். வெள்ளிப் பொடிப்படிவுகள், முறையே, அதனதன் அடர்த்திக்குத் தக்கவாறான கருவற்சாயலுடன் ஆங்காங்கு காணப்படுவன. ஒளியே விழாத பகுதிகளில் வெள்ளிபுரோமைட் மாறாதவாறிருக்கும். வளாவற் செய்யப்பட்டபின் அந்த பிளேட், 'ஹைபோ' என்ற

உப்பத்தின் கரையத்தில் தோய்க்கப்படும். 'ஹைபோ' கரையமும் வெள்ளி புரோமைடும் ரஸாயனியமாய்ச் சேர்தலை யொட்டி, வெள்ளி புரோமைட் நீக்கப் படுகின்றது. தட்டத்தில் பிம்ப வடிவம் பதிந்திருக்கும். பிறகு அந்த பிளேட் நன்றாய்த் தண்ணீரில் கழுவப்படும். பிளேட்டில், ஒளி அதிகமாய் விழுந்த பகுதிகள் அதிக கருவலாயும், குறைவாய் ஒளி விழுந்த பகுதிகள் அவ்வளவு கருவலாய் இல்லாதும் ஒளியே விழாத பகுதிகள் தெளிவாயும் காணப்படுவன. அவ்வாறான தட்டம் 'மறுவூன்றுச் சாயலி' (நெகடிவ்-Negative) எனப்படும். நன்றாய் அலம்பப்பட்ட அந்த பிளேட், வெயில் படாதவாறு, காற்றில் உலர்த்தப் படும். அதன் பிறகு, அது புரோமைட் தாளொன்றின்மீது பொருத்தப்படு கின்றது. இப்பணியும் இருட்டறையிலேயே செய்யப்படல்வேண்டும். புரோமைட் தாள் என்பது, வெள்ளிபுரோமைடு பூசப்பட்ட காகிதம். நெகடிவும் அதனுடன் பொருத்தப்பட்ட புரோமைடு தாளும், ஒரு நொடி, ஒளியில் காட்டப்படுகின்றன. நெகடிவின் கருவலான பகுதிகளினூடே அதிக ஒளி செல்லாது; தெளிவான பகுதிகளினூடே அதிக ஒளி செல்லும். எனவே, புரோமைடு தாளில் பதியும் படத்தில், படம் எடுக்கப்பட்ட பொருளிலான ஒளிச்சீர் தக்கவாறிருக்கும். ஒளியில் காட்டப்பட்ட புரோமைடு தாள், வளாவற் செய்யப்படும். பிறகு ஹைபோ கரையத்தில் பதிவாக்கப்படும் (பிக்ஸ் செய்யப்படும்); கழுவப்பட்டு காற்றில் உலர்த்தப்படும். அத்தாளில் வஸ்துவின், அன்றி, பேர்வழியின் படம் விழுந்திருக்கும். மறுவூன்றுச் சாயலினின்று (நெகடிவிலிருந்து) தாளில் படம் எடுத்தல், என்பதை, மேற்கூறப்பட்ட முறையை யொட்டியேயன்றி, வேறு பல முறைகளை யொட்டியும் செய்யலாம். நீலப்பட அச்சிடுமுறை (ப்ளுபிரிண்டு மெதட்-Blue Print Method), பொன்னச்சிடுமுறை (கோல்டு பிரிண்டிங்கு-Gold Printing), என்பனவும் இன்னும் டஜன்கணக்கான பலவும், உள்ளன. வளாவற் செய்வதெற்கென உபயோகிக்கப்படும் மருந்துக் கரையங் களிலும் பலவகைகள் உண்டு. 'போட்டோப் படம் எடுத்தல்' என்றதின் பாற்பட்ட செய்படுகிரல்கள் (புரோஸஸ்கள்-Processes) ஏராளமானவை.

நேரே காணும்போதுள்ளனவற்றைப்போலவே தோற்றந்தரும் பல நிற அச்சுப்படங்களை நாமெல்லோரும் கண்ணுற்று மெச்சுகிறோம். அவை எம்முறையை யொட்டி பதிப்பிக்கப்படுகின்றன என்பதைக் கவனிக்கலாம். அச்சுப்படமாய் காட்டப்படவேண்டிய வஸ்து, மூன்று நிற வட்டிகளினூடே, முறையே, காணப்பட்டவாறு போட்டோ பிடிக்கப்படுகின்றது. செந்நிற வடிகட்டியினூடே

நிறப்படங்கள் அச்சிடப் படும் முறை.

ஒரு தடவையும், பச்சை நிற வடிகட்டியினூடே இரண்டாம் தடவையும், ஊதா நிற வடிகட்டியினூடே மூன்றும் தடவையும் ஆக, அதன் போட்டோப் படம் எடுக்கப்படும். போட்டோக்கள் எடுக்கப்பட்ட மறுவூன்றுச் சாயல்களினின்று (நெகடிவ்களிலிருந்து), முறையே, அச்சுபோடுவதற்கான 'செதுக்குத் தெரிப்புக்கட்டைகள்' (பிளாக்குகள்-Blocks) மூன்று

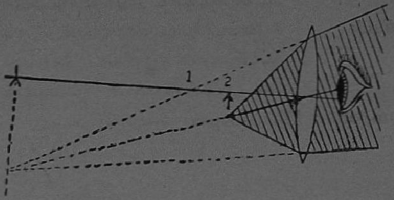
செய்யப்படுகின்றன. வெள்ளைத் தாளின்மீது, தக்க நிற மைகளைக்கொண்டு, அவை, முறையே, ஒன்றின் பதிவு மற்றொன்றின் மேலானவாறு, அச்சிடப்படுகின்றன. முதலில் ஊதாவடிகட்டியினூடே எடுக்கப்பட்டது, முறையே வெள்ளைமையாலும் மஞ்சள்மையாலும் அச்சிடப்படுகின்றது. (ஊதாவின் கமங்குயிறல் நிறம், மஞ்சள்). இரண்டாவதாக, பச்சை வடிகட்டியினூடே எடுக்கப்பட்டது, முறையே, வெள்ளைமையாலும், பர்பிள் மையாலும் (வயலட்டும் இளஞ்சிவப்பும் கலந்த நிறம், பர்பிள்) அச்சிடப்படுகின்றது. (பர்பிள், பச்சையின் கமங்குயிறல் நிறம்). மூன்றாவதாக, சிவப்பு வடிகட்டியினூடே எடுக்கப்பட்டது, முறையே. வெள்ளை மையாலும் நீலப்பச்சை மையாலும் அச்சிடப்படும். (சிவப்பும் நீலப்பச்சையும் ஒன்றுக்கொன்று கமங்குயிறலானவை). படம் எடுக்கப்பட்ட வஸ்து, ஊதா மலர்களுடனும் பச்சை இலைகளுடனும் கூடிய பூச்செடி யொன்றுள்ள செந்நிறத் தொட்டி, எனக் கொள்ளலாம். மேற்கூறிய முறையை யொட்டி அச்சிடப்பட்ட படத்தில், பூத்தொட்டியும் பூச்செடியும் அதனதன் நிறத்துடனுள்ளவாறு, காணப்படுவன. அப்படத்தில், அவை தக்க நிறங்களுடன் காணப்படலாதலை யொட்டிய முறையைக் கவனிக்கலாம். பச்சை வடிகட்டியினூடேயும், ஊதா வடிகட்டியினூடேயும், முறையே, படங்கள் பிடிக்கப்பட்டபோதான மறுவூன்றுச் சாயல்களில், செந்நிறத் தொட்டிக்கான பிம்பப்பகுதி தெளிவாய் விழுந்திருக்கும்; அவற்றில், அது சற்றேனும் கருவலாயிருக்காது. அப்பகுதி பர்பிள் மையாலும் மஞ்சள்மையாலும் வெள்ளைமையாலும் அழுத்தமாய் அச்சிடப்படுவது. சிவப்பு வடிகட்டியினூடே படம் பிடிக்கப்பட்ட போதான மறுவூன்றுச் சாயலில், செந்நிறத் தொட்டிக்கான பகுதி நல்லக் கருவலாய் விழுந்திருக்கும் எனவே, அது நீலப்பச்சையால் பதிப்பாகாது. முப்பதிவுகளமைந்த படம் அச்சிடப்பட்ட வெண்தாளின்மீது வெண்ணொளி விழுகிறது. தொட்டிக்கான பிம்பப்பகுதியின் மீது விழும் ஒளி பர்பிள் நிறப்பதிவினூடே சென்று, பிறகு மஞ்சள் நிறப்பதிவினூடே சென்று, அதன் பிறகு, வெண்தாளின்மீது படுகின்றது. பர்பிள் நிறப்பதிவினூடே, அது செல்லும்போது, அதனின்று, பர்பிளின் கமங்குயிறல் நிறமான பச்சை அகற்றப்படுகின்றது; மஞ்சள் நிறப்பதிவினூடே செல்லும்போது, ஊதா அகற்றப்படுகின்றது. எனவே வெண்ணிறமாயிருந்ததில், செந்நிறமே எஞ்சுகின்றது. அவ்வொளி தாளின்மீது பட்டு பிரதி பலிக்கப்பட்டு மீளும்போது, மேற்கூறப்பட்டவாறே, நிறங்கள் நீக்கப்படுகின்றமையின், அதில் நுண்ணளவாய் அமைந்துள்ள செந்நிறமல்லாத மற்ற நிறங்கள் அறவே அகற்றப்படுகின்றன. செந்நிறம் அழுத்தமாய்த் தெரிகின்றது. இவ்வாறான முறையை யொட்டி, இலைகளின் நிறம் பச்சையாகவும், மலரின் நிறம் ஊதாவாகவும், படத்தில் காணப்படுகின்றன. மற்ற நிறங்களும், நிறக்கலவை முறையை யொட்டி, முறையே, தக்கவாறான தோற்றங்களுடன் காணப்படுகின்றன. மறுவூன்றுச் சாயலிகளை (நெகடிவுகளை)க்கொண்டும், தக்க நிறச்சாந்துகளைக்கொண்டும், வினிமாப்பட பிலிம்கள் பதிக்கப்படலாதலை யொட்டி, சுயநிறப்படக் காட்சிகள் திரையின்மீது எறிந்தப்படுகின்றன (புரோஜக்டு செய்யப்படுகின்றன).

வில்லைப்பண்புகளைக் கவனிக்கலாம். கூம்படைவியலான வில்லை யொன்றின் முன், சற்று தூரத்திலுள்ள வஸ்து வொன்றினின்று வருகின்ற அகல்படர் வியலான ஒளிக்கதிர்கள் வில்லையால் கூம்படைவாக்கப்பட்ட பிறகு, அவ்வில்லை யின் பின்புறமாய் சற்று தூரத்திலுள்ள இடத்தில் ஒன்று கூடுமாறுதலை யொட்டி பிம்பம் அமைக்கப் படுகின்றது. வில்லையினின்று, வஸ்து அதிக தொலையாய் செல்லச் செல்ல, முறையே, அதிலிருந்து வருமாறுன கதிர்களின் அகல்படர்வுப்பான்மை குறைந்தவளவாகி வரும்; வில்லையின் பின்புறமாய், அதனின்று பிம்பமுள்ள தூரம், முறையே, குறைந்துவரும். வஸ்து மிகத் தொலையிலுள்ளபோது, அதிலிருந்துவரும் கதிர்கள் அகல்படர்வாய் இருக்க மாட்டா. அவை நிகரிடைத் தூரமானவாறு (பாரலலாய்-**Parallel**) இருப்பன. அப்போது, பிம்பம் வில்லையின் பின்புறத்தில், அதனின்று ஓரளவான தூரத்தில் இருக்கும். அதன் பிறகு, அவ்வஸ்து இன்னும் அதிக தொலையாய்ச் சென்றி டினும், பிம்பம் வில்லையினின்றுள்ள தூரத்தினளவு குறையாது, நிகரிடைத் தூரமான ஒளிக் கதிர்க்கற்றை யொன்று வில்லையினூடே செல்வதை யொட்டி அமைக்கப்படும் பிம்பம் விழும் இடத்திற்கு, அவ்வில்லையின் தலமொல்லலுளி (போகஸ்-**Focus**) என்றும், அது, வில்லையினின்றுள்ள தூரத்திற்கு, தலமொல்லல் நீட்பு (போகல் லெங்குது-**Focal Length**) என்றும் பெயர். வில்லையின் (லென்ஸின்) முன்புறமாய், அதனின்று தலமொல்லல் நீட்பைவிடக் குறைந்த தூரத்திரல் வஸ்துவொன்று வைக்கப்படின், வில்லையின் பின்புறமாய் அதன் பிம்பம் அமையாது. வஸ்துவினின்று வரும் ஒளிக்கதிர்களின் அகல் படர்வுப் பான்மை, வில்லையின் கூம்படைவுத்திறனைவிட அதிகமாயிருக்கும். அக்கதிர்கள் வில்லையின் பின்புறமாயும் அகல்படர்வானவாறே செல்வன; அகல் படர்வினளவு குறைந்திருக்கும். வில்லையின் பின் கண்ணை வைத்து நோக்கினல், அக்கதிர்கள், வஸ்துவுள்ள தூரத்தைவிட அதிகவளவான தூரத்திலுள்ள தொன்றினின்று வருவனவற்றைப்போல் காணப்படுவன. அவ்வஸ்துவின் வடிவினதேயான பெரிய உருவமொன்றைக் காண்போம். வில்லையினின்று வஸ்துவுள்ள தூரத்தைவிட அதிகவளவான தூரத்தில், அவ்வுருவம் இருக்கும். இவ்வகைப் பிம்பம் 'புரைய பிம்பம்' (வர்ச்சுவல் இமேஜ்-**Virtual Image**) எனப்படும். நுட்பமாய்ப் பார்க்க எண்ணி, ஒரு வஸ்துவைக் கண்ணின் கிட்டக் கொணர்ந்தால், அது பெரிதாய்த் தோன்றுமேயன்றி, தெளிவாய்க் காணப் படாது, எனவும் நணுகுக் கூர்மைச் சுட்டல் (நியர் பாயிண்டு) கண்ணினின்றுள்ள தைவிட அதிகக் கிட்டமாய் ஒரு வஸ்து இருப்பின், அது தெளிவாய்க் காணப் படாது எனவும், தெருட்சிக்கான சிறுகலவதித்தூரத்தைவிடக் குறைந்த தூரத்திலுள்ள வஸ்துவைப் பார்க்கும்போது, கண் உறுத்தும், எனவும், கூறியுள் ளோம். கூம்படைவியலான வில்லையொன்றின்முன், அதன் தலமொல்லல் நீட்பைவிடக் குறைந்த வளவான தூரத்திலுள்ள வஸ்துவொன்றை, வில்லையின்

பின் கண்ணை வைத்து நோக்கினால், அவ்வஸ்துவின் பிம்பம் பெரிதாய்க் காணப் படும், என, மேலே கூறினோம். அப்போது, கண்ணினின்று வஸ்துவுள்ள தூரம், நணுக்கூர்மைச் சுட்டலுக்கானதைவிடக் குறைந்தவளவாயானவாறு, அவ்வஸ்து வைக்கப்படினும், அதன் பிம்பம் கண்ணினின்றுள்ள தூரம் அதிகமா யிருப்பதால், அது தெளிவாய்க் காணப்படும். இம்முறையை யொட்டி, கண்ணின் கிட்டமாய் ஒரு வஸ்துவுள்ளபோது, அது தோன்றும் பரிமாணத் தினதாகவும், தெருட்சிக்கான சிறுகலவதித் தூரத்தில் அமைந்ததுமான அதன் பிம்பமொன்றை, வில்லை யொன்றினூடே காணலாம். அவ்வாறு அமைக்கப்பட்ட பிம்பமொன்றின் பரிமாணத்திற்கும், அவ்வஸ்துவே அத்தூரத்திலமைந்த போதுள்ள பரிமாணத்திற்குமான வீதவளவு, அவ்வஸ்து காணப்படுவதை யொட்டிய 'மாண்தெரிவுப் பிரமாணம்' (மாக்னிபிகேஷன்-Magnification) எனப்படும். வில்லையின் நடுவுப்பலளவு அதிகமாக, ஆக, முறையே, அதன் தலமொல்லல் நீட்பின் அளவு குறைந்துவரும் எனவே, அதைக்கொண்டு காணவியன்ற 'மாண்தெரிவுப் பிரமாணம் (மாக்னிபிகேஷன்) அதிகமாகும். மாண்தெரிவானவாறு (மாக்னிபையானவாறு-Magnified) ஒரு வஸ்துவைக் காண்பதற்கென, அதை ஒரு வில்லையினூடே நோக்குகிறோம். நாம் காணும் வஸ்துவின் பிம்பம், வசதித்தூரத்தில் (எல்லோருக்கும், இது பத்து அங்குல மானது, எனக் கொள்ளப்படுவது) காணப்படுமாறு, அவ்வஸ்து நமது கண்ணி னின்றுள்ள தூரம் இருக்கும்படி, அது வைக்கப்படவேண்டும். அவ்வாறான போது, வஸ்துவை யொட்டிய மாண்தெரிவுப் பிரமாணம், அவ்வில்லையின் மாண்தெரிவித்திறனுக்கு (மாக்னிபையிங்கு பவருக்கு-Magnifying Power) நிகரானதாயிருக்கும். வில்லைகளின், தலமொல்லல் நீட்புகளின் அளவுகள் குறையக்குறைய, முறையே, அவற்றின் மாண்தெரிவுத்திறன்கள் அதிகமாய்க் கொண்டுவருவன. இவ்விதியை யொட்டியே, வில்லையொன்றின் 'திறன்' (பவர்) அளவிடப்படுகின்றது. தலமொல்லல் நீட்பினளவு, நூறுஸெண்டி மீடரான வில்லையொன்றின் 'திறன்' ஒரு யூனிட்டானது, எனத் திட்டம் செய்யப்பட்டுள்ளது. அந்த யூனிட்டுக்கு 'டயாப்டர்' (Diopter) என்று பெயர் எனவே, 50 ஸெ. மீ. தலமொல்லல் நீட்பளவான வில்லையொன்றின் திறன் 2 டயாப்டர்கள், 200 ஸெ. மீ. தலமொல்லல் நீட்பளவான வில்லையின் திறன் $\frac{1}{2}$ டயாப்பர். இவ்வாறு ஒரு வில்லையின் திறன் அதன் தலமொல்லல் நீட்பள வின் திருப்புவீதமாய் (இன்வர்ஸ் ரேஷியோ-Inverse Ratio) இருக்கும். கூம்படைவியலான வில்லைகள் இடமேலுவகையினவை (பாஸிடிவானவை) எனக் கொள்ளப்பட்டு, அவற்றின் திறனளவுகளுக்கு முன், கூட்டல் குறியான '+' என்றது சுட்டப்படுகின்றது. அகல்படர்வியலான வில்லைகள், மறுயேலு வகையினவை (நெகடிவானவை) எனக் கொள்ளப்பட்டு, அவற்றின் திறனளவு களுக்குமுன். கழித்தல் குறியான, '—' என்றது சுட்டப்படும். அகல்படர் வியலான வில்லையொன்றின்மீது விழும் ஒளிக்கதிர்கள், அகல்படர்வாகின்றமை

யின், அவை ஒன்று கூடி பிம்பம் அமைக்கவியலாதுள்ளன. எனவே, அவ்வகை யான வில்லைகளைக்கொண்டு, நமது நாட்ட எடகத்திலும், காமிராவின் பிளேட் டிலும் விழுகின்ற வற்றைப்போன்றன 'மெய்ப்பிம்பங்களை' (ரியல் இமேஜ்கள்- Real images) அமைத்தல் இயலாது. அகல்படர்வு வில்லையொன்றை யொட்டி ஏற்படக்கூடிய பிம்பம், புரையபிம்பமாயிருக்கும். இன்னும், வஸ்துவொன்றி னின்றுவரும் ஒளிக்கதிர்கள் இவ்வகையான வில்லையொன்றின்மீது விழுந்து வெளிப்படும்போது, முன்னிருந்ததைவிட அதிகமாய் அகல்படர்வாகின்றமை யின், வஸ்து வில்லையினின்றுள்ள தூரத்தைவிடக் குறைந்த தூரமான ஓரிடத் தினின்றே அக்கதிர்கள் வருகின்றனவாய்க் காணப்படுவன, எனவே அவ்வில்லை யையொட்டிய பிம்பம், வஸ்துவைவிட அளவில் சிறியதாயிருக்கும்; கூம்படைவு வகையான வில்லைகளை மீண்டும் கவனிக்கலாம். அவ்வியலான வில்லையொன்றி னின்று, அதன் தலமொல்லல் நீட்பைவிடக் குறைந்த வளவு தூரத்தில் வைக்கப் பட்ட வஸ்துவொன்றின் மாண்தெரிவான (மாக்னிபையான) பொருவ பிம்பம் (வர்ச்சுவல் இமேஜ்) ஒன்று வில்லைமாட்டில் நாட்டப்பட்ட கண்ணுக்குக் காணப் படும், என, மேலே கூறினோம். அவ்வாறு அமைந்த வில்லையொன்றின் திறன் 10 டயாப்டர்கள், எனக்கொள்வோம். அதனூடே காணப்படும் வஸ்துவின் பிம்பம் கண்ணினின்று (அல்லது வில்லையினின்று), வசதித் தூரத்திலுள்ளது, எனவும் கொள்வோம். வசதித் தூரம், 10 அங்., அல்லது 25 செ. மீ. எனக் கொள்ளலாம். 10 டயாப்டர்கள் திறனுன வில்லையின் தலமொல்லல் நீட்பு (போகல் லெங்குது) $\frac{100}{10}=10$ செ. மீ. மேற் கூறப்பட்டவாறனபோது, அதன் மாண்தெரிவித்திறன் (மாக்னிபையிங்கு பவர்), $1+\frac{25}{10}$ (ஒரு வில்லையின் மாண் தெரிவித்திறன் $= 1+\frac{\text{வசதித் தூரம்}}{\text{தலமொல்லல் நீட்பு}}$, என்றனது, என விதிமுறையை யொட்டி அறியப்பட்டுள்ளது) $=3\cdot5$, என்றாகும். 20 டயாப்டர் திறனுன தொன்றின் மாண்தெரிவித்திறன், $1+\frac{25}{5}=6$, என்றாகும். 40 டயாப்டர் திறனுன வில்லையினது $1+\frac{25}{100}\times 40=11$, என்றாகும். 80 டயாப்டர் திறனுன வில்லையொன்றின் மாண்தெரிவித்திறன், $1+\frac{25\times 80}{100}=21$, என்றா கும். இவ்வில்லையைக்கொண்டு நோக்கப்படும் வஸ்து, கண்ணினின்று, $\frac{100}{80}=1\cdot25$ செ. மீ. அளவைவிட அதிக தூரத்தில் இருக்கக்கூடாது. 1·25 செ. மீ. (அரை அங்குலம்) என்றதைவிட அருகிலாய், ஒரு வஸ்துவைக் கண்ணின் கிட்டவைத்துக்கொள்ள, மிகவும் தொல்லைப்படும். எனவே, 'மாண் தெரிவுப்பிரமாணம்,' இருபதைவிட அதிகமானவாறு இம்முறையை யொட்டி அமைத்தலென்பது நடைமுதலில் நடவாத காரியம். ஒரு வஸ்துவைப் பெரிதள வானவாறு காட்டும் கருவி யொன்றுக்கு 'நுண்ணியல் வியன்காணி' மைகிராஸ்

கோப்-Microscope) என்று பெயர். கூம்படைவுவகையான வில்லைகள் வஸ்துக் களைப் பெரிதளவினவாய்க் காட்டுகின்றமையின், அவை, நுண்ணியல்வியன்

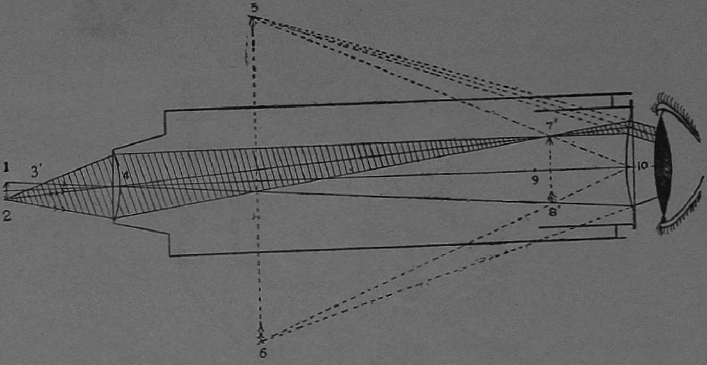


படம் 262

எளியவகை நுண்ணியல் காணி (Simple Microscope).

1. வில்லையின் தலமோல்லுளி (Focus of Lens). 2, 3 வஸ்து (Object).

காணிகளே. அவை, சாமானிய நுண்ணியல்வியன் காணிகள் (ஸிம்பிள் மைகிராஸ் கோப்புகள்-Simple Microscopes) அல்லது மாண்தெரிவிக்



படம் 263

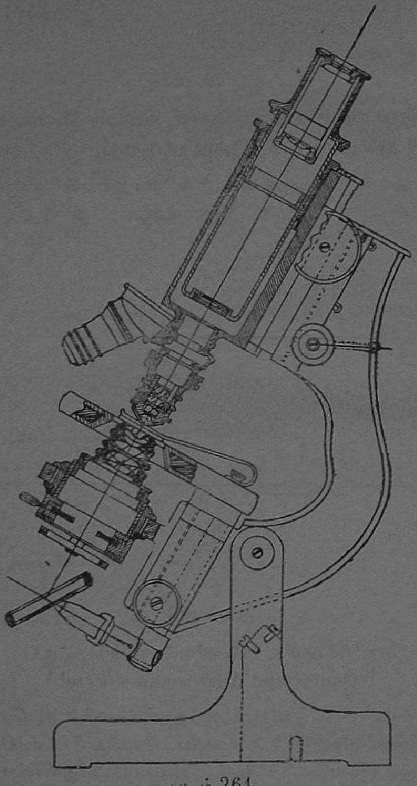
கோட்டியஞ்சித நுண்ணியல் காணிக்கட்டிடம்
(Compound Microscope–Sketch)

1, 2. வஸ்து. 3. பண்ட நோக்கு வில்லையின் தலமோல்லல் நாட்பு (Focus of object glass). 4. பண்ட நோக்குவில்லை (Object Glass). 5, 6. கண்காண் பிம்பம். 7. 8. பண்ட நோக்குவில்லை தரும் பிம்பம். 9. கண்ணிடு நேமியின் தலமோல்லல் நாட்பு (Focus of Eye-piece.) 10. கண்ணிடு நேமி (Eye-piece).

கண்ணாடிகள் (மாக்னிபையிங்கு கிளாஸ்கள்-Magnifying Glasses) எனப் படுகின்றன.

உலோகக் குழாயொன்றின் நுனிகள் ஒவ்வொன்றிலும் ஒவ்வொரு வில்லை பொருத்தப்பட்டுள்ளதாலான அமைப்பொன்றைக்கொண்டு வஸ்துக்கள் இருபது மடங்கையும்விட அதிக வளவு மாண்தெரிவானவாறு காணப்படும்படி, செய்யலாம். இவ்வகையில் அமைக்கப்படுமாறுன கருவிகள், கோட்டியஞ்சித நுண்ணியல் வியன்காணிகள் (காம்பவுண்டு மைகிராஸ்கோப்புகள்-**Compound Microscopes**) எனப்படுகின்றன. கோட்டியஞ்சித

நுண்ணியல் வியன் காணிகள்.



படம் 264

கோட்டியஞ்சித நுண்ணியல் காணி (**Compound Microscope**).

நுண்ணியல் வியன்காணி யொன்றால் நோக்கப்படவேண்டிய வஸ்துவின் அருகிலுள்ள அதன் வில்லைக்கு, 'பண்டநோக்காடி' (ஆப்ஜக்டு கிளாஸ்-**Object**

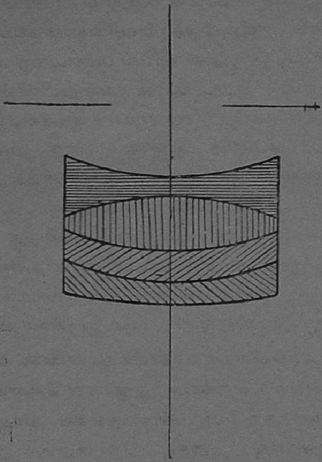
glass) என்று பெயர். அவ்வில்லையின் தலமொல்லல் நீட்பு (போகல் லெங்குத) சிறிதளவானது. அவ்வில்லைக்கும் வஸ்துவுள்ள இடத்திற்கும் இடைப்பட்ட தூரம், வில்லையின் தலமொல்லல் நீட்பினளவைவிடச் சற்று அதிகமாயிருக்கும். வஸ்துவினின்று செல்லும் ஒளிக்கதிர்கள் பண்டநோக்காடியால் கூம்படைவாக்கப்பட்டு, அதன்பின்புறமுள்ள தூளிதயிடத்தில் கூடுவனதையொட்டி, ஆங்கு, பிம்பம் அமைக்கப்படும். ஒரு வில்லையினின்று, அதன் தலமொல்லல் நீட்பினளவுக்கும், அதைவிட இருமடங்கான வளவிற்கும் இடைப்பட்டவளவான தூரத்தில் வஸ்துவொன்று வைக்கப்படின், அவ்வஸ்துவின் பிம்பம் அதைவிடப் பெரிதளவாயிருக்கும். நுண்ணியல் வியன்காணியினது பண்டநோக்காடியின் தலமொல்லலுளியினின்று சற்றுதூரமே முன்னுனவாறு வைக்கப்பட்ட வஸ்துவின் பிம்பம், அதைவிடப் பன்மடங்கு பெரிதளவானதாயிருக்கும். அப்பிம்பம் விழும் இடம், நுண்ணியல் வியன்காணியின் மற்ற வில்லையின் தலமொல்லலுளி (போகஸ்) அமையும் இடத்திற்குப் பின்புறமாய் இருக்கும். எனவே, அப்பிம்பத்தின் புரையபிம்பமொன்று (வர்ச்சுவல் இமேஜ்), அவ்விரண்டாம் வில்லையின் பின்புறமாயுள்ளவாறு, அதன் மாட்டுள்ள கண்ணுல் காணப்படும். கண் மாட்டுள்ள வில்லைக்கு கண்ணிடு நேமி (ஐ பீஸ்-**Eye piece**) என்று பெயர். வஸ்துவினின்று வரும் ஒளியைக்கொண்டே, நாம், அதைவிடப் பன்மடங்கு பெரிதளவான அதன் பிம்பத்தைப் பார்க்கிறோம். சிறுபரப்பான வஸ்துவினின்று செல்லும் ஒளி பெரும்பரப்பான பிம்பத்தினதாய் விரிதலாகின்றமையின், அதன் அடல்தாறுவினளவு குறைகின்றது. ஆதலின் அப்பிம்பம் நன்கு துலங்கவேண்டுமாயின், வஸ்து ஒளிமிக்கதாயானவாறு அமைக்கப்படல், வேண்டும். அவ்வஸ்துவின்மீது அதிப்பிரகாசமான ஒளிக்கதிர்கள் வீசப்படல்வேண்டும். சிறு நிலைக்கண்ணுடியொன்றுல் பிரதிபலிக்கப்பட்ட சூரிய வெளிச்சம் அவ்வஸ்துவின்மீது விழும்படி, அமைக்கப்படுகின்றது. இன்னும் பல நுட்பமான சாதனங்களும் பொருத்தப்பட்டவாறு, நுண்ணியல் வியன்காணிகள் அமைக்கப்படுகின்றன. அவை ஒவ்வொன்றிலும், முறையேயுள்ள முக்கியமான பாகங்கள் பின்வருமாறும்,

(1) எல்லாப் பாகங்களையும் தாங்கிக்கொண்டுள்ள நிலைப்புத்தண்டு (ஸ்டாண்டு) இது கனமாயும் உறுதியாயும் இருத்தல் வேண்டும்; ஆடக்கூடாது. பார்க்கப்படும் வஸ்து ஆயிரத்திலொருபங்கு அங்குல அளவு அசைந்ததாயின், பிம்பத்தில் பலவங்குலவளவு அசைவு தோன்றும். அது தெளிவாய்க் காணப்படாது.

(2) ஒளி எறித்தற்கான நிலைக்கண்ணுடி: இது பல வாட்டங்களிலும் சரளமாய்த் திருப்பப்படுவதையொட்டி, சூரியவொளி பிரதிபலிக்கப்பட்டு வஸ்துவின்மீது உறுத்தப்படும்படி செய்வதற்கென அமைக்கப்பட்டது. இது வளைப்பரப்பு கூம்படைவியலினதாய் (காண்கேவாய்—**Concave**) இருத்தல் நன்று. இதைக்கொண்டு ஒளிக்கதிர்கள் கூம்படைவாகிக் கூடியவாறு, வஸ்துவின் மீது நாட்டப்படலாம்.

(3) பரிசீலனை செய்யப்படும் வஸ்து வைக்கப்படும் மணையரங்கு (ஸ்டேஜ்—**Stage**): இது இப்பக்கமும் அப்பக்கமும் நகர்த்தப்படுவதற்கென, திருகு, பக்கத்திருகு (ராக் அண்டு ஸ்குரூ—**Rack and Screw**) பொருந்தலுடன் அஞ்சிதமானது. அத் திருகுவைக் கொண்டு, ஐயாயிரத்திலொருபங்கு அங்குலவளவு தூரத்திற்கு, திருத்தமானவாறு, மணையரங்கை நகர்த்தலாம்.

(4) பண்டநோக்குறுவில்லை (அப்ஜக்டிவ் லென்ஸ்—**Objective-Lens**): இது சிறந்த ரகமானது. சாதாரணமான வில்லைகளில் வண்ணப்பிறழ்ச்சியேதம் (குரோமாடிக்கு அபர்ரேஷன்—**Chromatic Aberration**) என்ற பழுது இருக்கும். பலநிற ஒளிகளும் ஒரே யளவானவாறு கூம்படைவாயாகுதலில. எனவே, பிம்பத்தின் ஓரப்பகுதிகள், முறையே, சிவப்பும் நீலமும் ஆனவாறு இருப்பன. இப்பழுதில்லாதவாருன வில்லைகளை ஒருரகமேயான கண்ணுடியைக் கொண்டு அமைத்தல் இயலாது. இரு ரகமான கண்ணுடிகளால், முறையே, தக்கவாறு செய்யப்பட்ட இரு வில்லைகள் ஒட்டுப்பொருத்தப்படலான கூட்டுப்



படம் 265

ஒட்டிணையோண்ணலான வில்லை (**Cemented Lens**)

பொருத்த வில்லையொன்றில் (காம்பினேஷன் லென்ஸில்) அப்பழுது பேரளவுக்குச் செப்பனுயிருக்கும். இவ்வகையான வில்லைகளுக்கு ஒட்டிணையொண்ணலான (ஸெமண்டடு—**Cemented**) வில்லைகள் என்றும் பெயர்.

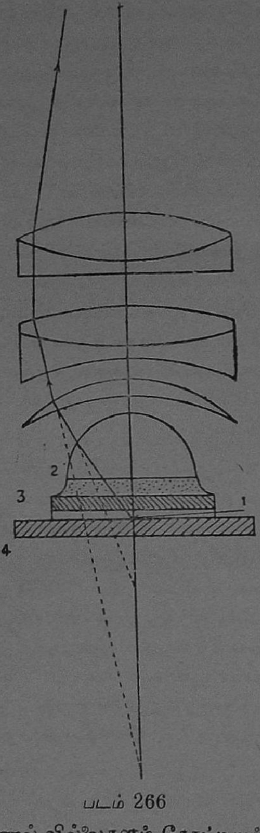
வில்லைகளில் மற்றொரு வகையான பழுதும் உண்டு. வில்லையின் வளைவை யொட்டியவாறு, ஓரப்பகுதிகளினூடேவரும் ஒளிக்கதிர்கள் பிம்பத்தில் சரியாய்க் கூடுவதில்லை. பிம்பத்தின் ஓரப்பகுதிகள் விகிர்தமாயிருப்பன. வில்லையின் முன்புற வளைவும், பின்புற வளைவும் தக்கவளவுவீதமானவாறு அமைக்கப்படலை யொட்டி அப்பழுது பெரிதளவுவரை சீராக்கப்படும். முக்காலே மூன்றுவீசத் திற்குப் பழுதுகள் செப்பனான வில்லைகளில் முறையே, இரண்டாயினும், மூன்றாயினும், தக்கவாறான இடைத்தூரங்கள் விட்டவாறு, சிறு குழாய்களுள் பொருத்தப்படின், பழுதுகள் இன்னும் பெரிதளவுவரை செம்மையாக்கப்படலாம். இவ்வாறானவை, 'கோட்டியஞ்சித வில்லைகள்' (காம்பவுண்டு லென்ஸ்கள்—(Compound Lenses) எனப் படுகின்றன. இவ்வகையானவற்றில் உயர்ந்த ரகமானவை, உயர்வகை நுண்ணியல்வியன்காணிகளில் பொருத்தப்படுகின்றன. சிறந்த வகையான காமிராக்களும், தரமான கோட்டியஞ்சிதவில்லைகள் அந்தித்தலானவை. பலவளவு மாண்தெரிவுப் பிரமாணங்களை யொட்டிய பல வில்லைகள் வளையமாலைக்கோவையானவாறு ஒண்ணலாயிருப்பன. வளையத்தைத் தக்கவாறு சுழற்றி அமைப்பதால், நமக்குத் தேவையான வில்லையொன்றை குழாயினடியில் பொருந்தியிருக்குமாறு, செய்துகொள்ளலாம்.

(5) வில்லைகள் பொருத்தப்படும் நடுக்குழாய்: இது மேலுங்கீழுமாய் தக்கவாறு நகர்த்துப்படுத்துவதற்கான வயங்கியலல்களை (அட்ஜஸ்டுமெண்டுகளை-**Adjustments**)ச் செய்வதற்கான சாதனங்களுடன் அமைக்கப்பட்டது. அச் சாதனங்கள் இருவகையானவை. ஒன்று சரவையாய் (கோர்ஸாய்-**Coarse**(நகர்த்துவதற்கானது. இது பக்கமுடுகல் பற்சக்கர (ராக்கு அண்டு பின்னியன்-**Rack and pinion**) முறையை யொட்டிப் பொருந்தலானது. மற்றொன்று, வசிவயங்கியலல்களை (பைன் அட்ஜஸ்டுமெண்டுகளை-**Fine adjustments**)ச் செய்து குழாயை நுண்ணளவுக்கு நகர்த்துவது. இது நெம்புகோல்-வளையப் படலிகை-திருகுப் பற்சக்கரமுறையை யொட்டி (லீவர்-காலர்-ஸ்க்ரூ—**Lever collar-Screw**) குழாயை நகர்த்துவதற்கான சாதனம். அதைக்கொண்டு, பதினாயி ரத்திலொருபங்கு அங்குலவளவுக்கு, திருத்தமானவாறு குழாயை நகர்த்தலாம்.

(6) கண்ணிடுநேமி: இது சிறந்த வகையான கோட்டியஞ்சிதவில்லை யமைப்பு; இரு வில்லைகள் ஒன்றிலிருந்தொன்று சற்று தூரமானவாறு சிறு குழாயொன்றில் பொருத்தப்பட்ட வில்லையமைப்பு. கண்ணிடுநேமிவில்லைப் பொருத்தற்குழாய் நடுக்குழாயின் மேல் நுனியுடன் தொடர்பானவாறு இடுக்குகள் விழாமல் திருத்தமாய் சொருகப்பட்டிருக்கும்.

மேற்கூறப்பட்டவாறான நுண்ணியல்வியன்காணியைக்கொண்டு, ஒரு வஸ்துவை, அதனைவிட மூவாயிரம் மடங்கு பெரிதளவானதாய்க் காணலாம். அலைதவிட அதிகவளவான மாண்தெரிவுப்பிரமாணங்காட்டும் நுண்ணியல் வியன்காணிகளையும் (மைக்ராஸ்கோப்புகளையும்) அமைக்கக்கூடும். ஆயினும்

அவற்றை அமைத்தலால், பயனில்லை. வஸ்துக்கள் ஒளிக்கதிர்களைப் பிரதி பலித்தலையொட்டி காணப்படுகின்றன. கண்ணில் ஒளியுணர்ச்சியை



படம் 266

ஒட்டிணையொன்னல் வில்லைகளும் கோட்டியந்சிதவில்லைகளும்

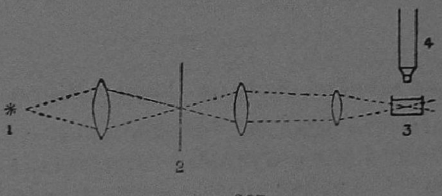
(Cemented Lenses and Compound Lenses).

1. காணப்படும் பொருள். 2. வில்லை.
3. எண்ணெய். 4. கருவி.

யுண்டாக்குமாறான அலைகளின் நீளங்கள் (சுமாராக) 4000 ஆ. யூ., முதல் 8000 ஆ. யூ. வரை யானவை. பச்சைநிற ஒளியே அதிகவளவு உணர்ச்சியைத் தருவது. அதன் அலைநீளம், 5100 ஆ. யூ. எனக் கொள்வோம். ஒளியலை யொன்றின் நீளத்தில் மூன்றிலொருபங்கான வளவைவிடக் குறைந்த வளவான

வஸ்துவொன்றை, அவ்வலைகள் சூழ்ந்துகொள்கின்றன. எனவே, அவ்வஸ்து எவ்வாறாகவாயினுமுள்ளதோர் உருவினதாயுங்கூடக் காணப்படாது; அதுவுள்ள இடம் ஒளிப்பிழம்பாகவே காணப்படும்; அவ்வஸ்துவே ஆங்கில்லாது, அதன்மீது விழும் ஒளிமட்டும் ஆங்கிருந்தால் காணப்படும் தோற்றத்திற்கும், வஸ்து ஆங்கிருந்து அதன்மீது ஒளி விழுந்துகொண்டுள்ளபோது காணப்படும் தோற்றத்திற்கும் சற்றாயினுமான வேற்றுமையும் காணப்படாது; அவ்வஸ்துவே ஆங்கில்லாததுபோலாகும். ஆதலின், $\frac{5100}{3} = 1700$ ஆ. யூ. $\left(\frac{1}{1,50,000}\text{அங்}\right)$ அளவிற்குக் குறைந்தவளவான வஸ்துவொன்று நுண்ணியல் வியன்காணியொன்றின் வழியேயுங்கூட கட்புலனாகாதது, அதைவிடச் சற்று அதிக வளவான வஸ்துவொன்றை ஆயிரம் மடங்குப் பெரிதானவாறு காண்போமாயின், அது தெளிவாய்ப் புலப்படும். அதிலுள்ள நுட்பங்களைத் திருத்தமாய்க் காணலாம். அதைவிட அதிகமாண் தெரிவுப்பிரமாணமான வஸ்து, பெரும்பரிமாணமானதாய்த் தென்படுமேயன்றி தெளிவாய் காணப்படாது; திட்பங்கள் திட்டமாய் புலப்படா. ஆகவே, ஒரு வஸ்துவை, ஆயிரம் மடங்குப் பெரிதளவானதாய் காட்டற்கான, நுண்ணியல் வியன்காணிகளைவிட அதிகமாண் தெரிவித்திறனான வற்றை அமைத்தலென்பது பயனற்ற பணியாம். நுண்ணியல் வியன்காணி (மைக்ராஸ்கோப்) ஒன்றின் கண்ணிடு நேமியைக் கழற்றியெடுத்துவிட்டு, அவ்விடத்தில் விதான மூய்வகம் (காமிரா) ஒன்றை ஒண்ணலாக்கினால், வஸ்துகளின் மாண்தெரிவுற்றவாறான (மாக்னிபிகேஷனுற்ற) கேழ்ப்பொறிப்பு (போட்டோ)ப் படங்கள் பதியப்படுமாறு செய்யலாம். அவ்வாறான படங்கள் ' நுண்ணியல் வியன்கேழ்ப் பொறிப்புகள் ' (மைக்ரோ போடோகிராப்புகள்-Micro photographs) எனப்படுகின்றன.

அகறல் நுண்ணியல் வியன்காணிகளைக்கொண்டு, (அல்ட்ராமைக்ரோஸ்கோப்புகள்-Ultra microscopes), சாதாரண வகையானவற்றைக்கொண்டு



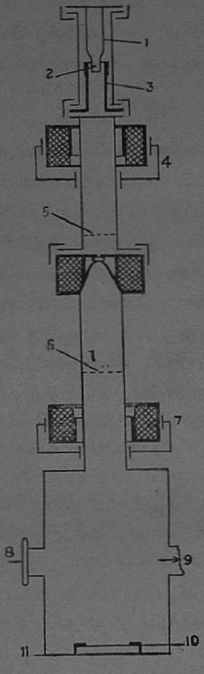
படம் 267

அகறல் நுண்ணியல்வியன் காண்முறை (Ultra Microscope).

1. ஒளி மூலம். 2. வரிச்சந்து. 3. பொருள்.
4. நுண்ணியல் வியன்காணி (Microscope).

காணவியன்ற தூள்களைவிடச் சிறிதானவற்றை ஒருவாறு காணலாம். மிகச் சிறிய தூள்கள் ஒளியைச் சிதறடிக்கின்றன, எனக் கூறியுள்ளோம் சிறு

கண்ணாடிக் கிண்ணமொன்றில் ஒரு திரவத்தை ஊற்றிவைத்துவிட்டு, கிண்ணத்தினது பக்கத்தின்மீது அடல்தாறுமிக்க ஒளி வீசப்படுமாறு செய்த பிறகு, அதிலுள்ள திரவத்தின் மேல்வாட்டத்தில் அமைக்கப்பட்டதான மாண்தெரிவுத்



படம் 268

மின்னுரு நுண்ணியல் வியன்காணி (Electron Microscope).

1. மறுமின் முனை (Cathode). 2. கதிர்த்தோற்றுவாய் (Source of Radiation). 3. இடமின் முனை (Anode). 4. கம்பியடைச் சுருள் (Condensing coil). 5. வஸ்துத்தட்டு (Object plate). 6. நடுப்பிம்பம் (Intermetiate image). 7. எறித்துச்சுருள் (Projecting coil). 8. காண்சாளரம் (Observation window). 9. பம்புக்கு. 10. மூடித்திறப்பி (Shutter). 11. பிம்பத்தட்டு (Image Plate).

திறன் மிக்க நுண்ணியல் வியன்காணி யொன்றினூடே நோக்கும்போது ஒளி காணப்படின், அது, திரவமூலத்துகள்களால் சிதறடிக்கப்பட்ட ஒளியாயிருக்க

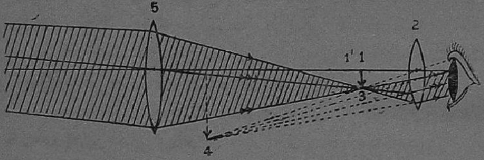
வேண்டும், எனத் தீர்மானிக்கலாம். கூழீடியலான (கல்லாயிடலான) வெள்ளியைக்கொண்ட கரையத்தைக் கிண்ணத்தில் ஊற்றி, மேற்கூறப்பட்டவாறு அமைக்கப்பபட்ட நுண்ணியல்வியன் காணியின்வழியே அதைநோக்கினல், நுண் தூள்கள் ஒவ்வொன்றும், அதனதற்கான ஒளிச்சுடர்கள் ஒவ்வொன்ருயானவாறு காணப்படுகின்றன. தூள்களின் வடிவங்கள் எவ்வாருனவை எனக் காணல் இயலாது. காணப்படுபவை, அத்தூள்களின் பிம்பங்களன்று. அத்தூள்களுள்ள இடங்கள், முறையே, நுண்ணிய ஒளி வட்டணைகளை யொட்டியவாறு சுட்டப் படுகின்றன. அவற்றின் பிரௌனியன் இயக்கம் கண்ணைக் கவரும் காட்சியாயுள்ளது. இருந்தைமையினது தூள்களின் விதறல்கள், இதனுடன் ஒப்பிடப் படின், அவை மந்தமானவையே எனக் கூறவேண்டும். நீர் மூலத்துகள்களால் இடிக்கப்பட்டும் மோதப்பட்டும் அந்நுண்வெள்ளித்தூள்கள் பாய்ந்துத் துள்ளித் தாவிக் கூத்தாடுகின்றன.

மின்னுரு நுண்ணியல் வியன்காணி (எலக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப்- Electron Microscope) என்றதில், எலக்ட்ரான்கள் செல்லலை யொட்டி நுண்வஸ்துக்கள் போட்டோ பிடிக்கப்படுகின்றன. இக்கருவியில் கண்ணடி வில்லைகள், முதலானவை அமைக்கப்பட்டிருக்கா. இது சாதாரண மைக்ராஸ் கோப் ஒன்று தலைகீழாய்த் திருப்பப்பட்டவாருன தோற்றத்துடனுள்ளது. அது ஒரு பெட்டிக்குள்ளிருக்கும். அப்பெட்டியின் உள்ளிடம் காற்றகற்றப் பட்டதாயிருக்கும். அதனுள் அதிகவுகைப்பழுத்தமான (ஹைவோல்டேஜான) மின்சாரம் செலுத்தப்படும். அதை யொட்டி எலக்ட்ரான்கள் பயத்தப்பட்டுப் பாய்கின்றன. அவை வலிமைமிக்க காந்தப்புலத்தால் கூம்படைவாக்கப்பட்டு வஸ்துவின்மீது செலுத்தப்படுகின்றன. அதன் பிறகு தக்கவாறு செய்யப் பட்ட போட்டோ பிளேட்டுகளின்மீது விழுகின்றன. பிளேட்டில், வஸ்துவினல் தடுக்கப்பட்ட பகுதியைத் தவிர மற்ற பகுதிகளில் எலக்ட்ரான்கள் படுகின்றன. எனவே, எலக்ட்ரான்களை யொட்டிய வஸ்துவின் பிம்பம் அதில் பதிகின்றது. சாதாரண மைக்ராஸ் கோப்புகளைக்கொண்டு ஒரு வஸ்துவைக் காணும்போது, ஒளியலைகளை யொட்டிய தகைக்கோதல் (டைப்ராக்ஷன்) நிமித்தம், 1700 ஆ. யூ. என்றதற்குக் குறைந்தவளவான வஸ்துகள் காணப் படாதவாருயாகின்றன, எனக் கூறியுள்ளோம். எலக்ட்ரான்களை யொட்டிய அலைகள் மிக நுண்ணளவானவை. ஆதலின் அவற்றை யொட்டி மிக நுண்ணளவான வஸ்துகளையும் போட்டோ பிடிக்கலாம். இம்முறையை யொட்டி, வஸ்துவொன்று லக்ஷத்து ஐம்பதினயிரம் மடங்கு மாண்தெரிவுப் பிரமாணமானவாறு போட்டோ பிடிக்கப்பட இயலும். சாதாரண மைக்ராஸ் கோப்புகளைக் கொண்டு காண இயலாதனவான பாக்டீரியாக்கள் (Bacteria) எனப்படும் நுண்கிருமிகள், எலக்ட்ரான் மைக்ராஸ் கோப்பைக்கொண்டு போட்டோ பிடிக் கப்பட்டுள்ளன. இம்முறையை யொட்டி, அணுவொன்றின் அளவு கண்டுபிடிக் கப்பட்டுள்ளன.

கப்பட்டுள்ளது. அது, சுமாராக, பத்து கோடியிலொரு பங்கு ஸெண்டி மீடர். எனவே, அது, சாதாரண மைக்ராஸ்கோப் ஒன்றைக்கொண்டு நாம் காணவியன்ற வஸ்துவொன்றினளவில் இரண்டாயிரத்திலொரு பங்களவானது.

தொலையியவுவியன் காணிகள் (டெலஸ்கோப்புகள்.)

தூரத்திலுள்ள வஸ்துக்கள் கிட்டவுள்ளனவாறும் (தெருட்சிக்கான சிறு கலவதித் தூரத்தில்), அவையுள்ள தூரத்திலானபோது காணப்படும் அளவை விடப் பெரிதானவாறும், காட்டுகின்ற கருவிகளுக்கு தொலையியவுவியன் காணிகள் (டெலஸ்கோப்புகள்-**Telescopes**) என்று பெயர். இக்கருவி, முக்கியமான இரண்டு வில்லைகள், முறையே, ஒரு நுனியிலொன்றானவாறு நீண்டகுழாயொன்றில் பொருத்தப்பட்டவாறு அமைக்கப்படுவது. தூரத்திலுள்ள வஸ்துவினின்று வரும் ஒளிக்கதிர்கள் முதலில் விழுமாறானவில்லை, பண்டநோக்கயர்வில்லை (ஆப்ஜக்டிவ் லென்ஸ்-**Objective Lens**) எனப்படும். வியாபகமான டெலஸ்கோப்புகளில் அதன் குறுக்களவு மூன்று அங்குலமிருக்கும். பெரும் டெலஸ்கோப்புகளில் அதனளவு நான்கு அடிவரை கூட இருக்கலாம். இவ்வாறான தொன்றின் தலமொல்லல் நீட்பு (போகல் லெங்குது) பல அடிகள் அளவாய் இருக்கும்.



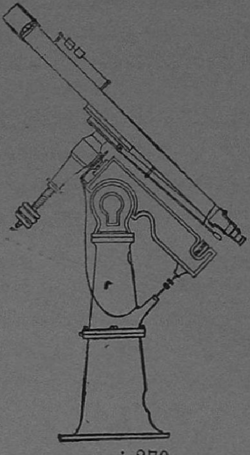
படம் 269

தொலைவுயியவுவியன் காண்முறை (**Principle of Telescope**).

1. பண்டநோக்குவில்லையால் ஏற்படும் பிம்பம் (**Image Formed by object glass**).
1. கண்ணிடுநேமியினின்று தலமொல்லல் நீட்புத்தூரத்திலுள்ள இடம் (**Point whose distance from the eye piece is its focal length**).
2. கண்ணிடுநேமி (**Eye piece**).
3. பிம்பத்தின் நுனி (**Top of Image**).
4. இறுதியில் காண்ப்படும் பிம்பம் (**Final Image**).
5. பண்டநோக்குவில்லை (**Object Glass**).

தொலையிலுள்ள வஸ்துவினின்றுவரும் ஒளிக்கதிர்கள் பண்டநோக்கயர் வில்லையின் முன்புறத்தில் விழுகின்றன. அவை கூம்படைவாகி, வில்லையின் பின்புற

மாயுள்ள தூளிதப்பகுதியில் ஓரிடத்தில் பிம்பமாய் அமைகின்றன. குழாயின் பின் நுனியிலுள்ள வில்லையின் தலமொல்லுளி அமையும் இடத்திற்குச் சற்றுப் பின்னுகவுள்ள இடத்தில் அப்பிம்பம் விழுகின்றது. எனவே, பின் நுனிவில்லையினூடே நோக்கும்போது, அப்பிம்பம் மாண்தெரிவாகிக் காணப்படும். கண்ணின் கிட்டவுள்ள அவ்வில்லைக்கு 'கண்ணிடுநேமி' என்று பெயர். தொலையியவுவியன் காணியிலும் (டெலஸ்கோப்பிலும்), நுண்ணியல் வியன்காணியில் (மைக்ராஸ் கோப்பில்) உள்ளதைப்போலவே, இருவில்லைகளும், அவை பொருந்தியுள்ள குழாயும், கருவியின் முக்கிய பகுதிகளாம். அமைப்பு முறைகளும் ஒத்துள்ளவை. ஆனல் பகுதி நுணித்தல்கள் (டைடைல்கள்-Details) வேற்றுமையானவை. பண்டநோக்கயர் வில்லைகள், முறையே, அவற்றிற்கான நிரலியலை யொட்டி, வேற்றளவான தலமொல்லல் நீட்புகளானவை. மைக்ராஸ் கோப்பின் பண்டநோக்கயர் வில்லை சிறியதாயும், தலமொல்லல் நீட்பு குறைந்தவளவானதாயும், இருக்கும்



படம் 270

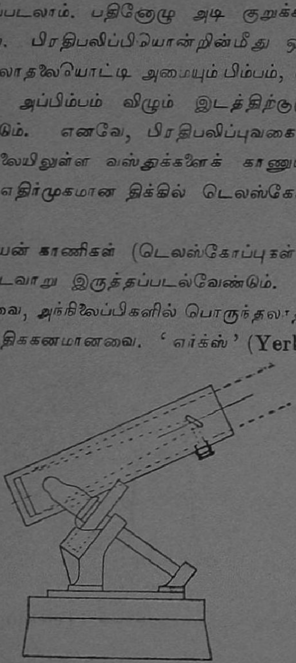
தோலையியவுவியன் காணி (Telescope).

டெலஸ்கோப்பினது, பெரிதாயும் தலமொல்லல் நீட்பினளவு அதிகமானதாயும் இருக்கும். மைக்ராஸ் கோப்பின் கண்ணிடுநேமி, குறுக்களவு சற்று அதிகமானதாயும், தலமொல்லல் நீட்பு சற்று அதிக வளவினதாயும், இருக்கும். டெலஸ்கோப்பின் கண்ணிடுநேமியின் குறுக்களவு குறைந்தும், அதன் தலமொல்லல் நீட்பு குறைந்தவளவாயும் இருப்பன.

உயர் ரகமான டெலஸ்கோப்புகளின் வில்லைகள், தக்கவாறமைக்கப்பட்ட 'ஒட்டிணையொண்ணல்' (ஸெமண்டடு) வகையினவாயும், கோட்டியஞ்சித

(காம்பவுண்டு) வகையினவாயும் இருப்பன. விண்ணுன்னிக்காண் நிலையங்களில் (ஆப்ஸர்வேடரிகளில்-Observatories) நிறுவப்படுகின்ற மகத்தான தொலை யியவுவியன் காணிகளின் பண்டநோக்கிகள் (ஆப்ஜக்டிவுகள்) வில்லைகளாயிருப் பனவல்ல. அவற்றின் பண்டநோக்கிகள் கூம்படைவியலான குழியவளைவிய பிரதி பலிப்பிகள், (கன்வர்ஜிங்கு ரிப்ளக்டர்கள்-Converging Reflectors). கண்ணாடி யால் செய்யப்படுபவற்றைத் தவிர, 'குவார்ட்ஜ்' என்றதால் செய்யப்படுபவையும் உபயோகத்திலுள்ளன. பெரும் வில்லைகளை இழைத்தல் சாத்தியமன்று; வில்லைகளை அமைக்கப்படும் அளவைவிட அதிகவளவான பிரதிபலிப்பிகள் தேய் விழைப்பால் செய்யப்படலாம். பதினேழு அடி குறுக்களவான பிரதிபலிப்பி இழைக்கப்பட்டுள்ளது. பிரதிபலிப்பியொன்றின்மீது ஒளிக்கதிர்கள் விழுந்து கூம்படைவாகிக் கூடலாதலையொட்டி அமையும் பிம்பம், பிரதிபலிப்பியின் முன் வாட்டத்திலிருக்கும். அப்பிம்பம் விழும் இடத்திற்குமுன் கண்ணிடு நேமி பொருத்தப்படவேண்டும். எனவே, பிரதிபலிப்புவகையான டெலஸ்கோப்பு களைக்கொண்டு தொலையிலுள்ள வஸ்துக்களைக் காணும்போது, அவையுள்ள திக்கில் நோக்காமல், எதிர்முகமான திக்கில் டெலஸ்கோப்பினூடே பார்த்தல் வேண்டும்.

தொலையியவுவியன் காணிகள் (டெலஸ்கோப்புகள்) தக்கவாறான நிலைப் பிகளால் தாங்கப்பட்டவாறு இருத்தப்படல்வேண்டும். பல வாட்டங்களிலும் திருப்பப்படுமாறு, அவை, அந்நிலைப்பிகளில் பொருந்தலாதல்வேண்டும். பெரும் டெலஸ்கோப்புகள் அதிககனமானவை. 'எர்க்ஸ்' (Yerkes) என்ற ஊரிலுள்ள



படம் 271

பிரதிபலிப்பு தொலையியவுவியன் காணி (Reflecting Telescope).

விண்ணுன்னிக்காண் நிலையத்து தொலையியவுவியன் காணியிலான பண்டநோக்க யர்வில்லையின் குறுக்களவு $3\frac{1}{2}$ அடி; அதன் தலமொல்லல் நீட்பு, 65 அடி. டெலஸ்கோப்பின் நீளம் அதைவிடப் பல அடிகள் அதிகமாயிருக்கும். அவ்வளவு

நீண்ட குழாயொன்றின் கனம் அபாரமாயிருக்கும். அது, பல வாட்டங்களினுமாயும், நுட்ப அளவுகளானவாறும், திருப்பியமைக்கப்படுவதற்கான பல சாதனங்களுடன் பொருந்தலானது. நிலைப்பி உறுதியாயும் ஆட்டங்காணுததாயும் உள்ளது. டெலஸ்கோப்பின் எடையைச் சீர்தூக்குவதற்கான எதிருன்று நிகரெடை (கவுண்டர்பாயிஸ்-Counterpoise) தக்கவாறு மாட்டப்படும். அளவைச் சுட்டு வட்டப்பொருந்தல்கள் (கிராஜுவேட்டட் ஸர்கிள்கள்-Graduated Circles), டெலஸ்கோப்பு எக்கோணமானவாறு சாய்ந்துள்ளது என்பதை திட்டமாய்க் காட்டுமாறு, அமைந்துள்ளன. பெரும் டெலஸ்கோப்புகளைச் சுமந்துகொண்டுள்ள சாரங்கள் உறுதியான இருப்புத் தூண்களையும் கர்டர்களையும்கொண்டு கட்டப்படுவன. அவ்வாறுன ஸ்தூபிகளின் உயரங்கள், 60 அடி முதல் 120 அடிவரை இருப்பன.

தொலையிலுள்ள வஸ்துவிலிருந்துவரும் ஒளிக்கதிர்கள், அகலப்பரப்பான பண்டநோக்கியின்மீது விழுகின்றன. அப்பரப்பு, நமது கண்பாப்பாவின் (ப்யூபிலின்) பரப்பைவிடப் பன்மடங்கு பெரிதானது. பெரும்பரப்பின்மீது விழுந்த ஒளியெல்லாம் நமது கண்ணினுள்ளேயே செல்கின்றது. ஆதலின் டெலஸ்கோப்பின் வழியே நாம் காணும் பிம்பம் துலங்கலாயுள்ளது; அதன் பரப்பு பெரிதாயாயினும், அதன் ஒளி மங்கலாய்த் தோன்றுது.

கட்புலனுகா மின்காந்த அலைகளைப்பற்றிச் சற்றுக் கூறலாம். 8000 ஆ. யூ. முதல் 40,00,000 ஆ. யூ. வரையான அலை நீளமானவை, இமைத்தலில்லாச் செவ்வலைகள் (இன்ப்ராரெட்டு-Infra Red) எனப்படுகின்றன. 30,000 ஆ. யூ. என்றதைவிட அதிக நீளமானவை கண்ணுடியினூடே செல்லா. 40,000 ஆ. யூ. என்றதைவிட அதிக நீளமான அலைகள் குவார்ஜினூடே செல்லா. புளோர்ஸ்பார் என்ற பொருளினூடே, 90,000 ஆ. யூ. என்றதைவிட அதிக நீளமான அலைகள் செல்லா. கல்லுப்பு (ராக்ஸால்டு-Rock Salt)க் கட்டியினூடே செல்லக்கூடியவை, 1,60,000 ஆ. யூ. நீளத்தைவிட அதிக வளவினவாய் இருக்கமாட்டா. ஸில்வைன் (Sylvine) என்ற உப்பினூடே 2,30,000 ஆ. யூ. நீளமானவரையுள்ள அலைகள் செல்லக்கூடும். இமைத்தலிலாச் செவ்வலைகள்பாற்பட்ட சோதனைகள், மேற்கூறப்பட்ட பொருள்களில் ஏற்றவாறுன தொன்றைக்கொண்டு செய்யப்பட்ட வில்லைகளும் முப்பட்டைக் கட்டிகளும் பொருத்தப்பட்ட வண்ணச்சிவணல் பொறித்திகளின் (ஸ்பெக்ட்ரோகிராபுகளின்) வழியே செய்யப்படுகின்றன. வண்ணச்சிவணலளவிகளைக்கொண்டும் செய்யப்படுகின்றன. இமைத்தலிலாச் செவ்வலைகளின் (இன்ப்ராரெட்டு வேவ்களின்) உளவறிவதற்கான சாதனங்கள் இருவகையானவை. ஒருவகை, வண்ணச்சிவணலளவிகளை யொட்டி உபயோகிக்கப்

கட்புலனுகா மின் காந்த அலைகள்.

படுவது. வண்ணச்சிவணலளவிகளின் வழியே அச்செவ்வலைகளை யொட்டிய வண்ணச்சிவணலைக் காணல் இயலாது. வண்ணச்சிவணலளவியிலுள்ள கண்ணிடுகேமி கழற்றி யெடுத்து விடப்படும். அது விருந்த பொருந்த விடத்தில் கானற்கிரணவளவி (போலாமீடர்-Bolometer) என்ற கருவி தொடுக் கப்படும். அது, இமைத்தலிலாச் செவ்வலைகளால் பயத்தப்படும் சூட்டை யொட்டி விளையும் சிறிதளவான வெப்பநிலை வேறுபாடுகளை மிகத் திட்பமாய் அளவிடுவதற்கான கருவி. அவ்வகையான கருவி யொன்றைக்கொண்டு பத்துலக்ஷத்திலொரு பங்கு தரப்படி (டிக்ரி)யளவான வெப்பநிலை மாற்றங்களை அளவிடலாம். கானற்கிரணவளவிகள், எல்லா நீளங்களுமான இமைத்தலிலாச் செவ்வலைகளின் உளவுகளையும், முறையே, அறியக்கூடியவை. அச்செவ்வலை களின் உளவறிவதற்கான மற்றொரு வகையான சாதனம் போட்டோப்பட முறையை யொட்டியானது. 2μ என்ற அளவான அலைகளையும் போட்டோ யெடுக்கக்கூடிய விசேஷ (ஸ்பெஷல்-Special) பிளேட்டுகள் செய்யப்பட்டுள்ளன. (இமைத்தலில்லா செவ்வலைகளின் நீளங்களை யொட்டிய அளவைகள் மியூ-μ. என்ற யூனிட்டைக்கொண்டு செய்யப்படுகின்றன. $1\mu = 10000$ ஆ. யூ = பதினாயிரத்திலொரு பங்கு ஸெண்டி மீடர்). இவ்வகையான பிளேட்டுகளைப் பயன்படுத்தி, இமைத்தலிலாச் செவ்வலைகளின் போட்டோப் பதிவுகளைக் கொண்டு அவற்றின் உளவையறிந்துகொள்ளலாம்; அவற்றின் அலை நீளங்களை அளவை செய்யலாம். தெரியற் செய்கை ஆராய்ச்சிகளுக்கேயன்றி, வேறு பல வழிகளிலும் இமைத்தலில்லாச் சிவப்பியக்கேழ்ப் பொறிப்புப்பத்தி (இன்ப்ரா ரெட்டு போட்டோகிராபி-Infra-red Photography) பயன்படுகின்றது. வானில் பறந்துகொண்டுள்ள எரோப்ளேனிலுள்ளவரால், ஆங்கிருந்தே நிலமட்டத்துப் பாங்குகளை தெளிவானவாறு படம் பிடிக்கப்படல் என்பது, இன்ப்ராச் சிவப்பு போட்டோகிராபி முறையை யொட்டி சாத்தியமாகின்றது; நிலத்தை மூடுபனி கவிந்துகொண்டுள்ளபோதுங்கூட, தெருட்சியான படங்களை எடுக்க முடிகின்றது. பவனத்தில் ஏற்படும் ஒளிச்சிதறலை யொட்டி, ஊதா, நீலம், முதலான அலைநீளங் குறைந்த ஒளிகளே யதிகமாய் சிதறடிக்கப்பட்டுப் பரவிவிடுகின்றவை, எனக் கூறியுள்ளோம்: மீதியான ஒளிப்பகுதிகளில் இன்ப் ராச்சிவப்பு அலைகள் அதிகமாயுள்ளன. நுண்ணிய நீர்த்திவலைகளின்மீது ஒளிக்கதிர்கள் பட்டு, அவை அதிகமாய்ச் சிதறடிக்கப்பட்டுப் போய்விடுகின்றனவானதினாலேயே, மூடுபனியினூடே பொருள்கள் தெளிவாய் காணப் படாவாறுவன. மூடுபனியிலுள்ள நுண்ணிய நீர்த் துளிகளால் சிதறடிக்கப்பட்டவைபோக, மீதியான ஒளிப்பகுதிகளில் இமைத் தலில்லாச் செவ்வலைகளே அதிகமாயுள்ளன. எனவே, அவற்றின் துணையைக் கொண்டும், இமைத்தலில்லாச் செவ்வலைகளைப் பொறித்தற்கான பிளேட்டு களைக்கொண்டும், நிலமட்டப் பாங்குகளைத் தெளிவுறக் காட்டுகின்ற படங்களைப்

இமைத்திலிலாச் சேவ்வலைகள்.

பெற முடிகின்றது. இமைத்தலில்லாச் செவ்வலையியலை யொட்டியே, பல மைல்களுக்கு அப்பாலுள்ள, நில-கடல்-மலைக்காட்சிகளைத் தெளிவாய்க் காட்டும் படங்களை அமைத்தல், சாத்தியமாகின்றது. நம்மினின்று எழுபது மைல் தொலையிலுள்ள இயற்கையமைவுகளை, ஆங்கு செல்லாமலே, இமைத்தலிலாச் செவ்வலை முறையை யொட்டிப் படமெடுத்துத் தெளிவுறக் காணலாம். பத்து அடி முதல் முப்பது அடி வரை நீளமான மின்காந்த அலைகள், தொலையியவு விபுலக்காட்சி முறையை (டெலிவிஷனை-Television)யொட்டிப் பயன்படுபவை. அறுபது அடி முதல் ஐயாயிரம் அடிவரை நீளமான மின்காந்த அலைகள், கதிரியங்கு (ரேடியோ-Radio) ஒலி பரப்பும் அலைகள். செயல் முறையை யொட்டி இருபது மைல் வரை நீளமான மின்காந்த அலைகள் பயத்தப்பட்டுள்ளன, ஆயினும், அவை, இதுகாறும், எவ்வகையிலும் பயன்படாதுள்ளன. இடி, மின்னல், புயல்-முதலான இயற்கையின் மின்காந்தவியலான நிகழ்ச்சிகளை யொட்டி யுண்டாகும் அலைகள், ஒன்று முதல் இரண்டாயிரம் மைல்கள் வரை நீளமானவை. மின்காந்த அலைகளின் நெடில் மிகுதி எல்லைக்கு வந்துவிட்டோம். இனி, நீட்டவேண்டாம்.

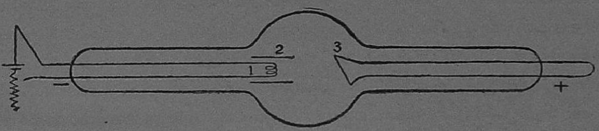
அலை நீளம் குறைந்தவளவான மின்காந்த அலைகளை, இனி, நாடுவோம். 25 ஆ. யூ. முதல் 4000 ஆ. யூ. வரையுள்ள அலை நீளங்களானவை, அகறல் குவளையரி (அல்ட்ரா வயல்ட்டு-Ultra violet) ஒளியினவை. எனப்படுகின்றன. 3000 ஆ. யூ. என்றதைவிடக் குறைந்த அலை நீளமானவை கண்ணுடியினூடே செல்லமாட்டா; குவார்ட்ஜின் குறைந்தவளவு எல்லை-1800 ஆ. யூ. புளோர்ஸ்பாரினூடே, 1200 ஆ. யூ. வரைக் குறைந்தவளவானவை செல்லக்கூடும். அப்பொருள்களாலான வில்லைகள், முப்பட்டைக் கட்டிகள், முதலானவை, அகறல் குவளையரி யொளியின் பாற்பட்ட சோதனைகளைச் செய்வதற்கான வண்ணச்சிவணலளவிகளும், வண்ணச்சிவணல் பொறித்திகளிலும், பொருத்தப்படவேண்டும். 8 ஆ. யூ. வரைக் குறைந்த அலை நீளமானவற்றை போட்டோ பிடிப்பதற்கேற்ற பிளேட்டுகள் செய்யப்பட்டுள்ளன. திடப்பொருள்கள் கிளர்ச்சி செய்யப்பட்டு வெண்டணல் ஒளிவீசும்போது, சாதாரணமாக அவ்வொளியின் பகுதியாய் அகறல் குவளையரி (அல்ட்ரா வயலட்டு) அலைகளும் இருப்பன. சூரிய வெளிச்சத்தில் அவ்வகை அலைகள் மிகுதியாய் உள்ளன. ஆயினும் மிகக் குறைந்த அலை நீளமானவை எல்லாம் பவனத்தில் சிதறடிக்கப்பட்டுப்போகின்றன. பாதரஸ ஆவி விளக்கிலிருந்து அகறல்குவளையரியொளி அதிகமாய் வெளிப்படும். அவ்விளக்கு கண்ணுடிக்குழாயமைப்பினதாயிருப்பின், அகறல்குவளையரி யொளியில் பெரும்பகுதி கண்ணுடியினூடே வெளிவரவொட்டாது தகைக்கப்படும். குவார்ட்ஜ் முதலான பொருள்களிலொன்றால் அமைக்கப்பட்ட

அகறல் குவளையரி அலைகள் (அல்ட்ரா வயலட்டு வேவ்கள்.

குழாயாயிருந்தால், பெரும்பகுதியான அகறல்குவளையரி யொளியலைகள் வெளிப்படுகின்றன. அகறல்குவளையரியொளிக்கதிர்கள், மற்றவகையான ஒளிக்கதிர்களைவிட, ரஸாயன மாற்றங்களைப் பயத்தும் பண்பில், மேலானவை அகறல்குவளையரி யொளிக்கதிர்கள் கண்ணுக்கு மிகவும் கெடுதலானவை அக்கதிர்கள் நமது உடற்றோலின்மீது பட்டால், அவை பட்ட பகுதிகள் கருவலாய் ஆகின்றன. சூரியக்கிரணங்கள் நமது உடலின்மீது உறைத்தலை யொட்டி, நம்மில் வைடமின்-D பயத்தப்படும், என, முன் அத்தியாயமொன்றில் கூறியுள்ளோம். அவ்விளைப்பாடு, அக்கிரணங்களிலுள்ள அகறல்குவளையரி யொளி தோலின்மீது படுவதையொட்டி ஏற்படுவது. உடலின்மீது அகறல் குவளையரியொளி அடிக்கடி படுவதால், உடல்நலம் ஓங்கும்; நோய்கள் அண்டாதவாறு திண்மையுடனிருக்கலாம். அகறல்குவளையரிக்கதிர்கள் பாக்டீரியா முதலான அற்ப ஜந்துகளின்மீது படின், அவை நசித்துப் போகின்றன. அவ்வகைக் கதிர்கள், சிலவகைப்பொருள்களின்மீது விழலை யொட்டி, அவை அலைநீளமதிகமானவையாய் மாறுகின்றன. அதனால், கட்புலனாகும் ஒளி பயத்தப்படுகின்றது. அப்பொருள்கள் ஒளியுடன் தோன்றுகின்றன. அப்பொருளொன்றினுக்கு, அதன்மீது உறைத்த குறைந்த நீளங்களான அலைகளால் அளிக்கப்பட்ட சக்தியைக் கொண்டு, அதன் மூலத்துகள்கள் அதிக நீளங்களான அலைகளை விளைவிக்கின்றன. இவ்வாறான விளைப்பாட்டுக்கு (எபக்டுக்கு) ‘நுந்துப்பாறலெல்’ (ப்ளோரிஸன்ஸ்—Fluorescence) என்றும், அதை விளைவிக்கும் பொருளுக்கு நுந்துப்பாறலயர் (புளோரிஸண்டு)ப் பொருள் என்றும் பெயர். அகறல்குவளையரிக்கதிர்களைக் கொண்டு கேழ்ப்பொறிப்பு அமைக்கும் முறை நிறுவப்பட்டுள்ளது. அதை யொட்டிய ‘கள்ளங்காண் துப்பறிதல்’ (கிரைம் டிடக்ஷன்-Crime detection) பாற்பட்ட வழிகள் சில ஏற்பட்டுள்ளன. மிகவும் நன்றாய்த் தோய்த்து அடிக்கப்பட்டு துவைக்கப்பட்ட துணியொன்றில் அதன்பிறகும் நீப்பாகாதுள்ள மிக நுண்ணிய இரத்தக்கறை கூட, அகறல்குவளையரிக்கதிர்களை (அல்ட்ராவயலட் ரேக்களை)க் கொண்டு எடுக்கப்பட்ட அதன் போட்டோப் படத்தில் நன்கு காணப்படும். உண்டியல்களில் (செக்குகளில்-Cheques) கையெழுத்திட்டவர், தொகையைக் குறிப்பிட்டெழுதிய எழுத்துக்களை அழித்துவிட்டு, ஆங்கு, பெருந்தொகையைக் குறிப்பிட்டெழுதிவிட்டு, உண்டியலை மாற்றி அதிக தொகைப் பெறலாம் என்று எண்ணி கள்ளஞ் செய்வோரின் கபடச் செயலை, அகறல்குவளையரிக்கதிர்களைக் கொண்டு போட்டோப்பிடிக்கும் முறையை யொட்டி, அவ்வுண்டியலைப் படம் எடுத்துக் காண்பதால், கண்டுபிடித்துவிடலாம். முதலிலிருந்த எழுத்துகள் அழிக்கப் பட்டு, ஆங்கு வேறு எழுத்துகள் எழுதப்பட்டனவென்பது, அப்படத்தில் தெளிவாய்க் காணப்படும்; சாதாரண ஒளியை யொட்டி எடுக்கப்படும் போட்டாப் படத்தில், கள்ளத்தனத்தின் அறிகுறியே யிருக்காது.

0·5 ஆ. யூ. முதல் 1000 ஆ. யூ. வரை. அலை நீளமான மின்காந்த அலைகள் புதிர்க்கதிர்கள் (எக்ஸ் ரேக்கள்—**x-rays**) எனப்படுபவை. உருக்கு வெப்ப நிலை உயர்ந்ததான மிகக் கடினமான உலோகத்துண்டொன்றின்மீது எலக்ட்ரான்கள் முனைந்து மோதும்போது, புதிர்க்கதிர்கள் உண்டாகின்றன, அதி தீவிரமாய்ப் பாய்ந்துவந்து இடித்து முட்டிக் கொண்டுள்ள எலக்ட்ரான்களின் மோதுதல்களுக்கு அவ்வுலோகத்தின் அணுக்கள் உட்படுகின்றமையின், அவ்வணுக்களின் நியூக்ளியஸ்களுக்கு அருகிலுள்ள கோளகைகளில், முறையே, வட்டமிட்டுக்கொண்டுள்ள எலக்ட்ரான்கள், மிகவும் வெளிவாட்டத்துக்கோளகைகளுக்குத் தாண்டுகின்றன; அக்கோளகைகளிலுள்ளவை, முறையே, அதியுள் வாட்டத்துக்கோளகைகளுக்குத் தாவுகின்றன. முறையே அவ்விரு கோளகைகளுக்கான தற்செல்வச் சக்திகளின் (பொடன்ஷியல் எனர்ஜிகள்) வேற்றுமையளவு அதிகமாயிருக்கும். ஆதலின், அத்தாவல்களை யொட்டி எழுப்பப்படுகின்ற அலைகளுக்கான குவாண்டங்களின் அளவுகளும், முறையே அதிகமாயிருக்குவன. அவற்றை யொட்டிய துலிதநிரல்மானங்களும், முறையே,

புதிர்க்கதிர்கள்.



படம் 272

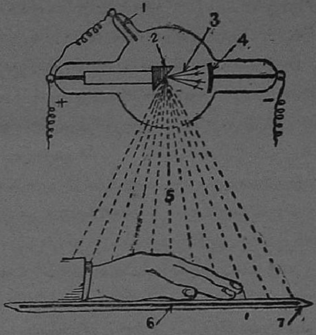
புதிர்கதிர்க் குழாய் (**X-ray Tube**).

1. மின்னோட்டத்தால் சூடேற்றப்படும் கம்பி (**Filament**).
2. மாலிப்டினத்தால் செய்யப்பட்ட குழாய்.
3. நாட்டப்பாடு (**Target**).

அதிகவளவானவை. ஆகவே, வெளிவீசப்படுமாறான மின்காந்த அலைகளின் நீளங்கள், முறையே, மிகக் குறைந்தளவாயிருப்பன. வெற்றிடமாக்கப்பட்ட குழாயொன்றினுள் மின்வலிமைத்திறன் மிக்க (ஹைவோல்டேஜான) மின்சாரம் செலுத்தப்படும். அதை யொட்டி, அக்குழாயின் ஒரு நுனியின்று மற்றொன்றினுக்கு எலக்டரான்கள் அதிவேகமாய்ப் பாய்ந்துகொண்டிருப்பன. அவை செல்லும் பாதையில், 45° கோணவளவு சாய்ந்தவாறு, உலோகத்துண்டு ஒன்று பொருத்தப்படும். அது, டங்குஸ்டன்-மாலிப்டினியம் இன்னோரன்ன கடின வகையான உலோகங்களிலொன்றினாலானதாயிருக்கும். அவ்வாறான உலோகங்களின் அணுக்களை யொட்டிய எலக்ட்ரான்களின் தாவல்களைப் பொருத்துள்ள சக்தியளவு வேற்றுமைகள், முறையே, அதிகமானவை. எனவே, அவற்றைக்

கொண்டு பயத்தப்படுகின்ற புதிர்க்கதிர்களின் (எக்ஸ்ரேக்களின்) அலைநீளங்கள், முறையே, மிகக் குறைந்தவளவுகளாயிருப்பன. உலோகத்துண்டின்மீது எலக்ட்ரான்கள் உறைக்கின்றன. அவை வந்துகொண்டிருந்த திக்கிற்கு சரிகுறுக்கான திக்கிலாய் புதிர்க்கதிர்கள் வெளிப்படுகின்றன. மின்வலிமைத்திறன் (வோல்டேஜ்) ஓரளவைவிட அதிகமானபோதே, புதிர்க்கதிர்கள் கிளப்பப்படுவன. அவ்வெல்லையளவேயானபோது, எலக்ட்ரான்கள் அதியுள்கோளகைகளுக்கும் மிக வெளிக்கோளகைகளுக்குமாய் தாண்டிக்கொண்டிருக்கமாட்டா. எனவே அந்நிலைமையிலானபோது, பயத்தப்படும் புதிர்க்கதிர்களின் அலைநீளங்கள் சற்று அதிகவளவானவாறேயிருப்பன. மின்வலிமைத்திறனின் அளவு அதிகமாக, ஆக, முறையே, அலை நீளங்களினளவுகளும் குறைந்துவரலாகின்றன. எலக்ட்ரான்களின் மோதுதலுக்கு ஆட்படுத்தப்படும் உலோகத்துண்டு 'நாட்டச்சுட்டு' (டார்கட்டு-Target) எனப்படும். நாட்டச்சுட்டு அமைக்கப்படற்கான உலோகம் எது வென்பதைப் பொருத்தவாறும், அலைநீளங்களினளவுகள் முறையே வேறுபடுவன. மரப்பலகை-தோல்-துணி-அட்டை - காகிதம் - மெல்லிய உலோகப் பட்டைகள்-முதலான பலவற்றை, முறையே, ஊடுருவிக்கொண்டு புதிர்க்கதிர்கள் செல்லக்கூடியவை. தடிப்பான ஈயச்சட்டங்களினூடே, அவை செல்லா. அதிகத் தடிப்பான பலகை, துணி, முதலானவற்றினூடேயும் அவைசெல்வனவல. புதிர்க்கதிர்கள் பொருளொன்றை ஊடுருவிச் செல்லும் தூரம், அப்பொருளின் செறிவைப் பொருத்துள்ளது; செறிவினளவு அதிகமாக, ஆக, முறையே, புதிர்க்கதிர்கள் ஊடுருவிச் செல்லக்கூடிய தூரத்தினளவு, குறைந்துவரும். சிலவகைப் பொருள்களின்மீது புதிர்க்கதிர்கள் வீசப்படலை யொட்டி, அவற்றில் 'நுந்தப்பாறலெல்' (புளோரிஸன்ஸ்) பயக்கப்படும். புதிர்க்கதிர்கள் விழலால், சாதாரண போட்டேப் பிளேட்டுகளும் பாதிக்கப்படுகின்றன. மிகக் குறைந்தவளவு அலைநீளங்களான புதிர்க்கதிர்களைப் படம் பிடிப்பதற்காக உபயோகிக்கப்படும் பிளேட்டுகள், நுந்தப்பாறலியலான (புளோரிஸண்டான) திரவமொன்றில் தோய்த்தெடுக்கப்படுகின்றன. புதிர்க்கதிர்கள் வைத்திய சிகிச்சைக்கான வழிகளில் அதிகமாய்ப் பயன்படுவன. அக்கதிர்கள், தோல், தசைமுதலானவற்றை ஊடுருவிச் செல்கின்றன; ஆனல் அவை, எலும்பை ஊடுருவிச் செல்ல இயலாதவை. எனவே, முறிந்த எலும்புகள் முதலானவையுள்ள இடங்கள் எவையென, புதிர்க்கதிர்களைக்கொண்டு எடுக்கப்படும் போட்டோப்பட முறையையொட்டி, அறியப்படுகின்றன. ஒருவர் பேரியம்ஸல்பேட் என்ற பொருளை உட்கொண்டால், அவரது வயிற்றிலுள்ள குடல்கள் இரைப்பை, முதலான பகுதிகள் புதிர்க்கதிர்களால் ஊடுருவப்படயியலாதவாருகின்றன. அந்நிலைமையில், அவற்றை, புதிர்க்கதிர்ப்படம் (எக்ஸ்ரே போட்டோ) பிடிக்கலாம். லிபியோடால் (Lipiodol) என்பது அயோடினைக்கொண்ட ஒருவகை எண்ணெய். ஒருவர் அதை உட்கொண்டபிறகு, அவரது நுரையீரல்கள், இருதயம், முதலான உறுப்புக்கள் புதிர்க்கதிர்களால் ஊடுருவப்படயியலாதவாருகின்றன. அவ்வுறுப்புக்

களைப் படம் பிடிக்கலாம். புற்றுப்புளவை (கான்ஸர்-Cancer) என்ற கொடிய வியாதியை, புதிர்க்கதிர்களை அப்புண்ணின்மீது வீசச்செய்வதை யொட்டி, ஒருவாறு குணப்படுத்தலாம். உடற்பகுதிகளின்மீது சற்று அதிக நேரத்திற்காய் புதிர்க்கதிர்கள் விழலையொட்டி, புற்றுப்புளவை ஏற்படலாம். புதிர்க்கதிர்கள், உடற்பகுதியின்மீது அதிக நேரம்வரை விழுந்துகொண்டிருப்பின், ஆங்குள்ள



படம் 273

புதிர்க்கதிர்கள் படமெடுக்கப் படல் (X-ray photo being taken).

1. இடமின்தட்டு (Anode).
2. நாட்டச்சுட்டு (Target).
3. மின்னுருக்கள் (Electrons).
4. மறுமின்தட்டு (Cathode).
5. புதிர்க்கதிர்கள் (X-rays).
6. போட்டோத் தட்டு.
7. மூடிப் பெட்டகம் (Darkslide).

தோல் கருகிப் புண் உண்டாகும். புதிர்க்கதிர் நிறுவ நிலையங்களில் வேலை செய்யும் அலுவலாளர்கள், தக்க ஈயத்தடுப்புகளை அமைத்துக்கொண்டு, தம் மீது புதிர்க்கதிர்கள் அதிகமாய் விழாதவாறு தம்மைப் பாதுகாத்துக்கொள்கின்றனர். புதிர்க்கதிர்கள், தொழிற்கலைகள் பலவற்றை யொட்டியும் பயன்படுகின்றன. வார்ப்படங்கள், இயந்திரப் பொருந்தல்கள், முதலானவை செவ்வனே அமைந்துள்ளனவானதையும், அவ்வாறு அமையாதவாறுனமையையும், முறையே, பரிசீலனை செய்வதற்கென புதிர்க்கதிர்கள் பயன்படுகின்றன. அவற்றின் பகுதிகளை, முறையே, புதிர்க்கதிர்ப் படங்கள் பிடித்துப் பார்க்கும்போது, அவற்றில் பழுதுகள் எவையேனுமிருப்பின், அவை, அப்படங்களில், முறையே

சுட்டப்பட்டிருப்பன. தெரியற் செய்கை ஆராய்ச்சிகளை யொட்டியும் புதிர்க் கதிர்கள் பெரிதும் பலனீந்தவை. கண்காணொளி, கடிநூழைத்தரங்கின் (கிரேடிங்கின்) வழியே செல்லும்போது, 'தகைக்கோதுதல்' (டைப்ராக்ஷன்) முறையை யொட்டி வண்ணச்சிவணல்' (ஸ்பெக்ட்ரம்) அமைகின்றது. எனக் கூறியுள்ளோம். அவ்வாறே, குறைந்த அலை நீளங்களினவான புதிர்க்கதிர்கள். மூலத்துகளினூடே செல்லும்போது, அதன் கிராதியமைப்பிலுள்ள அணுயணிகள், கடிநூழைத்தரங்காய் அமைவதை யொட்டி, முறையே, புதிர்க்கதிரிய வண்ணச்சிவணல்கள் (எக்ஸ்ரே ஸ்பெக்ட்ரங்கள்-**X-ray Spectra**) அமைகின்றன. இவை, முறையே, போட்டோ பிடிக்கப்படலாம். போட்டோப் படங்களைப் பரிசீலனை செய்து, பொருள்களின் உள்ளமைப்பைப்பற்றிய பல விஷயங்களை யறியலாம். இவ்வகையில், புதிர்க்கதிர்கள், தெரியற் செய்கை முறையை யொட்டிய நுட்பமான ஆராய்ச்சிகளுக்கான உபகரணங்களாய் துணை செய்கின்றன.

காமாக்கதிர்களும் சுயக் கதிர்வீச்சு வினையும்

புதிர்க்கதிர்களை (எக்ஸ்ரேக்களை)விடக் குறைந்த அலை நீளமானவை காமாக்கதிர்கள் (**Gamma Rays**), அவற்றின் அலை நீளங்கள் 0·03 ஆ யூ, முதல் 1·4 ஆ. யூ. வரையானவை. அவை, ரேடியம் என்ற அடிப்பண்டத்தினின்றும், அதைக்கொண்டுள்ள தரளங்கள் ஒவ்வொன்றினின்றும், இன்னும் நாற்பது அடிப்பண்டங்கள் ஒவ்வொன்றினின்றும், அவ்வடிப் பண்டங்களைக் கொண்ட தரளங்கள் ஒவ்வொன்றினின்றும், அவ்வடிப்பண்டங்களும் அவற்றின் தரளங்களும், முறையே இரண்டிரண்டாகவாயினும் பலவாகவாயினும் ஐக்கியமாதலை யொட்டியான தரளங்கள் ஒவ்வொன்றினின்றும், முறையே, வீசிக்கொண்டிருப்பவை. இவ்வாறு வெளியேயிருந்து ஒளியைப்பெறாது, தாமாகவே ஒளி வீசிக்கொண்டிருப்பவை, சுயக்கதிர் வீச்சுவினையயர் (ரேடியோ ஆக்டிவ்-**Radio-active**) பொருள்கள், எனப்படுகின்றன. அந்நிலைக்கு 'சுயக்கதிர் வீச்சுவினையயர்தல்' (ரேயோ ஆக்டிவிடி-**Radio-activity**) என்று பெயர். சுயக்கதிர் வீச்சுவினையயர்தலின் அளவுகள், மேற்கூறப்பட்ட எல்லாவற்றிலும் சிகராயுள்ளவையன்று. அப்பொருள்களில் முக்கியமான 'ரேடியம்' (**Radium**) என்றதைக் கவனிக்கலாம். அது இருளிலும், தன்னிலுள்ள ஒளியைக்கொண்டே துலங்கும். புதிர்க்கதிர்கள் விழுந்தால்கூட பாதிக்கப்படாதவாறு, தடிப்பான ஈயத்தகடுகளாலான பேழையினுள் வைக்கப்பட்டுள்ள போட்டோபிப்ளேட்டு ஒன்று, அப்பேழையின்மீது வெளிப்புறமாய் ரேடிய வீச்சுக்கதிர்கள் விழலையொட்டி பாதிக்கப்படுகின்றது. நுந்துப்பாறலயர் (புளோரஸண்டு) பொருளொன்றின்மீது. ரேடியவீச்சியலான கதிர்கள் படும்போது, அப்பொருள் ஒளிர்கின்றது. நமது உடலின்மீது சற்று நேரம் அக்கதிர்கள் விழுந்தால், அவைபட்ட இடம் தீய்ந்துபோகும். ரேடிய அணுக்களின்

நியூக்ளியஸ்கள் வெடித்துக்கொண்டுள்ளனவாதலால், கதிர்கள் வீசப்படுகின்றன. ஓரளவான ரேடியத்திலுள்ள அணுக்களின் தொகையில், அரைப்பங்குத் தொகையானவற்றின் நியூக்ளியஸ்கள், ஆயிரத்து அறுநூறு ஆண்டுகளில் வெடித்துப் போவனவாதலால், அவற்றை யொட்டிய அணுக்கள் கதிர்களாய் மாறிவிடுவன, எனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. அக்காலவளவு ரேடியத்தின் 'அரைப்பிரமாணத் தேய்வுக்காலம்' (Time for Decay to Half-value) எனப்படும். மற்ற பல சுயக்கதிர் வீச்சயர்ப் பொருள்களும், முறையே, அதனதற்கான அரைப் பிரமாணத்தேய்வுக் காலவளவினவையாம். 'தோரியம்' என்றதின் அரைப் பிரமாணத்தேய்வுக் காலம், ஆயிரத்தெண்ணூறு கோடி ஆண்டுகள். 'தோரியம் C[1]' என்றதின் அரைப்பிரமாணத் தேய்வுக்காலம் பதிஞயிரக்கோடியிலொரு பங்கு ஸெகண்டு. ரேடிய அணுவின் நியூக்ளியஸ் வெடித்துப்பிளப்பதை யொட்டி, ஹீலிய நியூக்ளியஸ் ஒன்று ஸெகண்டிற்கு பதிஞயிரம் மைல்களான வேகத்துடன், வெளியே வீசப்படுகின்றது. அது 'ஆல்பாக்கதிர்' (Alpha Ray) எனப்படுவது. அவ்வீச்சை யொட்டி, அதிகவளவான குவாண்டம் வெளிப்படுகின்றது; அதனுல் பயத்தப்படுகின்ற அலை நீளம் குறைந்த கதிர்களே, 'காமாக் கதிர்கள்' (Gamma Rays); இரண்டு எலக்ட்ரான்கள் விகுதியாகி, தனிப்பட்டவாறே வெளியேறுகின்றன; அவை, ஸெகண்டிற்கு, 184,000 மைல்கள் என்ற வேகத்துடன், முறையே, செல்வன; அவை பீட்டாக்கதிர்கள் (Beta Rays) எனப்படுபவை. சுயக்கதிர் வீச்சுவினையை யொட்டிய, நுக்துப்பாறலெல்லான விளைப்பாடும், 'போட்டோ பிளேட்டுப் பாதிக்கப்படல்' என்ற விளைப்பாடும், முக்கியமாய், ஆல்பா-பீடாக் கதிர்களின் பாற்பட்டவையே. மிகக் குறைந்தவளவு அலை நீளங்களான காமாக்கதிர்களை யொட்டி ஏற்படுபவையன்று. எல்லாக் கதிர்களும் ஒன்றை யொட்டி யொன்ருய் நுந்தப்பாறலயர்வாகின்றமையின், இருண்ட இடத்திலுள்ள ரேடியத்தின் ஒளிர்வு நமக்கு கட்புலனுகின்றது. ரேடிய நியூக்ளியஸ் வெடிப்பதை யொட்டி தெறிக்கப்பட்டு வெளியே வீசியெறியப்பட்டவைபோக, மீதிப்பட்ட நியூக்ளியஸ் பகுதியும் எலக்ட்ரான்களும் ஆர்ப்பாகி, ரேடான் (Radon) என்ற மற்ருெரு அடிப்பண்ட அணு அமைகின்றது. இவ்வாறு, 'ரேடியம்' என்ற அடிப்பண்டம் 'ரேடான்' என்ற மற்ருெரு அடிப்பண்டமாய் மாறுகின்றது. ரேடான் வெடித்து, ரேடியம் A என்ற இன்னெரு அடிப்பண்டம் தோன்றுகின்றது. அவ்வாறே, ஒன்றுக்குப் பிறகு ஒன்ருய், முறையே, ஏற்படுவனவான ஒன்பது மாறுதல்களுக்குப்பின், 'ஈயம்' என்ற அடிப்பண்டம் உண்டாக்கப்படுகின்றது. அது, வெடித்து, மாறுவதில்லை; அது சுயக்கதிர் வீச்சுவினையயர் பொருளன்று; அது ஈயமாகவே நிலைத்துவிடும். சுயக்கதிர் வீச்சுவினையயர்ப் பொருள்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பிறகு, தெரியற் செய்கையோர் தமது முன்னைய அணுக்கொள்கையைத் திருத்தியமைத்துக்கொள்ள வேண்டியதாயிற்று. ஓரடிப்பண்டம் இன்னென்ருய் மாறுதல் இயலும், என, சோதனைவாயிலாய் அறியப்பட்டது. ஆதலின்,

அதையும் யொட்டியவாறான அணுக்கொள்கையே இன்று நிறுவப்பட்டுள்ள தொன்று. சுயக்கதிர் வீச்சுவினையயர் பொருள்களில், சில 'மூதாதைகளை'ப் போன்றானவை. அவ்வகையானவற்றில் ஒன்று 'யூரேனியம்' எனப்படுவது. அது, முறையே பதினான்கு வெவ்வேறான அடிப்பண்டங்களாய் மாறிவந்து, இறுதியில் ஈயமாய் ஆகின்றது. இதை யொட்டி, ஒரு யூரேனிய அணுவினின்று வெளிப்படும் சக்தியினளவு, 0·000071 எர்க்குகள்; இது, எலக்ட்ரான் ஒன்று 4,50,00,000 வோல்டுகளான மின் உகைப்புத்தரவளவுடன் (பொடன்ஷியலுடன்) இகைக்கப்படுவதற்கான சக்தி.

காமாக்கதிர்கள் புற்றுப்புளவை நோயைக் கண்டிக்கவல்லவை. புற்றுப் புளவை நாழைக்கூடுகளின்மீது (கான்ஸர் செல்களின்மீது) அக்கதிர்கள் விழுந்தனவாயின், அக்கூடுகள் அழிவுறுகின்றன. அக்கதிர்கள் நோய்வாய்ப்பட்ட செல்களை அழிப்பனவேயன்றி, அவற்றினருகிலுள்ள நோயற்ற செல்களை ஒழிப்பனவன்று. ரேடிய ஊசிகளாவது, ரேடான் அடைக்கப்பட்ட சிறு குழாய்களாவது, அப்புண்களுள்ள இடங்களில் சொருகப்படுகின்றன. ரேடியப் பூச்சு முட்கள், ரேடியப்பொறிப்பு எண்கள், என்ற வற்றைக்கொண்ட கெடிகாரங்கள் என விற்கப்படுபவற்றில், பெரும்பாலானவை, ரேடிய வீச்சையே அறியாதவை. அவ்வகைக் கெடிகாரங்களின் முட்கள் மீதும், எண் பொறிப்புக்கள் மீதும் பூசப்படும் பொருள் ரேடியக் கலவையானதொன்றன்று. அப்பூச்சுப் பொருள், 97·75% கால்ஷியம் ஸல்பைடும், 2% உப்பும், எஞ்சியவீதத்திற்கு செப்புப்பொடியும் மாங்கனீஸ்பொடியும் நன்கு சேர்த்துக் குழைக்கப்பட்ட ஒளியேற்றுக் கலவை. ஒளியேற்றுக் கலவையொன்றின்மீது நீண்ட நேரத்திற்கு வெளியொளி விழுந்துகொண்டிருந்த பிறகு, அதை இருட்டில் வைத்து நோக்கினால் அது மிளிரும். இவ்வாறு மிளிர்வதற்கு 'படல் விளைத்துளக்கம்' (பாஸ்பாரிஸன்ஸ்-Phosphorescence) என்று பெயர். விலையுயர்ந்த கெடிகாரங்களின் முட்களும், எண்பொறிப்புக்களும், துத்தநாகஸல்பைடும், நுனித்தினையளவு ரேடியமும் சேர்வையான சாந்து பூசப்பட்ட, வை. ரேடியக்கதிர்கள் தன் மீதுபடுவதை யொட்டி துத்தநாக ஸல்பைடு நுந்துப்பாறலயர்கின்றது. (புளோரஸ் செய்யும்) அதன்மீது வெளிச்சமேபடாதவாறு வைக்கப்பட்டிருந்தபிறகுகூட, அக்கெடியாரங்களின் முட்களும் எண்களும் இருட்டில் துலக்கமாயுள்ளன. மின்மினிப் பூச்சிகளிலும், சிலவகை மீன்களிலும், அழுகியிரிதலான மரக்கட்டைகளிலும், கடல்நீரிலுள்ள சிலவகைக் கிருமிகளிலும் தோன்றும் ஒளி, படல் விளைத்துளக்கவியலானதன்று. அவை, முறையே, பலவகையான ரஸாயன மாற்றங்களை யொட்டி உண்டாகின்றவை. படிகமுருவிகள் (கிரிஸ்டல்கள்) இரண்டை ஒன்றுடனொன்றாய் அழுத்தித் தேய்த்தால் ஒருவகையான ஒளியுண்டாவதைக் காணலாம். காரிருளான அறை

படல் விளைத்துளக்கம் (பாஸ்பாரிஸன்ஸ்).

யொன்றில் இருந்துகொண்டு, இரண்டு சர்க்கரைக் கட்டிகளைச் சேர்த்துத் தேய்ப்போமாயின், அவ்வகை ஒளி உண்டாவதைக் காணலாம். அவ்வாறான வொளி 'உராஞ்சல் இலங்கல்' (ட்ரைபோல்யூமிஸன்ஸ் **Triboluminiscence**) எனப்படும்.

உராநசலிலங்கல்.

நமது உலகத்திலேயே பல முறைகளை யொட்டி உற்பத்தியாக்கப்படுமோரான மின்காந்தவியல் அலைகளைப்பற்றிக் கூறினோம். சூரியவொளி நம்முலகில் உற்பத்தியாவதன்று. அதைத் தவிர, மற்றொரு வகையான மின்காந்த அலைகளும் இவ்வுலகில் உற்பத்தியாகாமல், வேறு எங்கேயோவிருந்து வருகின்றன. அவை நம்முலக முழுதும் எங்கும் பரவியுள்ளன, என அறியப்பட்டுள்ளது. அவற்றின் உளவை அறிய, மிக நுட்பமான எலக்ட்ராஸ் கோப்புகள் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. குறைந்த அலைநீளமான காமாக்கதிர்களும் எலக்ட்ராஸ் கோப்புகளைக்கொண்டே உளவறியப்படுகின்றன. நம் முலகிற்கு அப்பாலும் இருந்து வருமாறான அக்கதிர்கள் காமாக்கதிர்களையும்விடப் பன்மடங்கு குறைந்த அலைநீளமானவை. அவற்றின் அலைநீளங்கள் 0·00008 ஆ. யூ. முதல் 0·1 ஆ. யூ. வரையுள்ளவை. அவற்றிற்கு 'விண்ணியல் கதிர்கள் (காஸ்மிக்குரேக்கள்-**Cosmic Rays**) என்று பெயர். அவை, எங்கு, எவ்வாறு உற்பத்தியாகின்றவை, என்ற விஷயங்களைப்பற்றி நிச்சயமாய் ஒன்றும் அறியப்படவில்லை. பிரமாண்டத்தில், பொருள்கள் சக்தியாய் மாறும்போது ஏற்படுவனவான பெரும் அலமரல்களை யொட்டி எழுப்பப்படுமோரான அலைகளை, விண்ணியல் கதிர்கள், என, அனுமானிக்கப்படுகின்றது. ஒரு கிராம் பொருள் சக்தியாய் மாறும்போது, 9×10^{13} (தொண்ணூறு லக்ஷங்கோடி) வாட்டுகளான சக்தி விளைவிக்கப்படும், எனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. எத்தனையோ கோடானுகோடி கிராம்கள் நிறையான பெருங்கோளங்கள் சிதைவுறும்போது, எவ்வளவு சக்தி வெளிப்படும், என, அதைக்கொண்டு ஒருவாறு காணலாம். அவ்வாறு வெளிப்படும் அபாரமான சக்தியை யொட்டி எழுப்பப்படுகின்ற அலைகள் எண்ணிலடங்காத கோடானுகோடி மைல்கள் தூரம் பரவுகின்றன. அவ்வலைகளில் சில நம்முலகையும் அடைந்துள்ளன. அக்கதிர்கள் 'இடமின்னுருக்கள்' (பாஸிட்ரான்கள்-**Positrons**) எனவும் எண்ணப்படுகின்றது. நாமறிந்த அலை நுட்ப எல்லைக்கு வந்துவிட்டோம். நிறுத்திக்கொள்வோம்.

விண்ணியல் கதிர்கள்.

கண்கூடாய் பலவற்றைக் கண்டோம்; கருவிகளைக்கொண்டும் கண்டோம்; கண்ணுக்குக் காணாதவையும் உண்டென அறிந்தோம் தெரியற் செய்கை அளவைமுறையின் சிறப்பு விளக்கமாயிற்று. அறிவாற்றலும் செயற்தேர்ச்சித் திட்பமும் கைபிணைத்துச் செல்லுமாறுள்ளதே, தெரியற் செய்கையின் சீலமாம்.